

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)



A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXX

TARTU 1936

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXX

TARTU 1936

Sisukord. — Contenta.

1. **Ernst Öpik.** Researches on the Physical Theory of Meteor Phenomena. I. II.
 2. **Jacob Gabovitsš.** The *TiO* Colour Effect, and the Densities of *M* Stars.
 3. **J. Wilip.** Über Lichtstrahlung während der Sonnenfinsternis am 21. August 1914 in Üxküll.
 4. **E. Lepik.** Fungi Estonici exsiccati, Uredinaceae. II.
 5. **E. Markus.** Geographische Kausalität.
 6. **K. Schlossmann.** Einige Gedanken über die Ausbildung des praktischen Arztes.
 7. **Ulrich Karell.** Aneurism of the Internal Carotid and the Ligation of the Carotids.
 8. **K. Kirde.** Meteorological Elements Characterized by Frequency-Curves.
-

RESEARCHES ON THE PHYSICAL THEORY OF METEOR PHENOMENA

I.

THEORY OF THE FORMATION OF METEOR CRATERS

II.

THE POSSIBLE CONSEQUENCES OF THE COLLISIONS
OF METEORS IN SPACE

BY

ERNST ÖPIK

TARTU 1936

I. Theory of the Formation of Meteor Craters¹⁾.

Abstract.

The theory of meteor impact, having a direct bearing on the Arizona crater, and the craters of the Moon (at least partly), is also important from the standpoint of meteor cosmogony (see next paper of this Series).

Whereas during the motion of the meteor projectile in the terrestrial atmosphere the pressure seldom exceeds the plastic limit of a solid body, at the impact with cosmic velocity into a solid medium the pressure, as a rule, exceeds the plastic limit. The problem is therefore a case of the impact of a liquid drop into a liquid medium. A mathematical model, supposed to represent well the main qualitative features of the phenomenon, and to yield quantitative estimates to a close order of magnitude has been worked out.

The main feature is the flattening of the projectile during the process of penetration (like a "dum dum" bullet); the shape of the bottom of crater No. 4 at Kaali järv, Estonia, — the only bottom of a meteor crater hitherto explored, — seems to support this feature.

Two different methods for estimating the mass of the projectile, from penetration, and from the mass of crushed and ejected rock, are proposed. In the case of the Arizona crater both methods point accordantly to a mass of about four million tons. This mass, however, could never persist in one piece, even if it originally was one compact body. At the best, the mass broken into pieces of the order of a few metres' diameter each, may be spread at slightly different depths over a projected area of about three to four hundred metres' diameter, placed about one hundred metres excentrically at the true bottom of the crater.

1) Researches on the Physical Theory of Meteor Phenomena, Series of Papers. Below referred to as paper A of the Series: Ernst Öpik, Atomic Collisions and Radiation of Meteors, Acta et Comm. Univ. Tartuensis **XXVI.2**, 1933; also Harvard Reprint No. 100.

The problem of meteor impact into solid ground is too complicated for accurate mathematical treatment; also, there always exists the danger of an illegal extension into the unusual conditions of the collision of physical properties, known to be valid in ordinary conditions. Nevertheless, with the purpose of getting reasonable upper and lower estimates of the mass of the projectile, certain model calculations may be made, with due allowance for the fundamental laws of physics.

a. Minimum mass of the projectile.

The mechanical work required to lift up the walls of the crater, throwing out the fragments, and shattering and pulverizing the rocks, must represent a very small fraction of the total energy developed at impact. By setting this amount of work equal to the kinetic energy of the meteor, we get a minimum estimate of its mass. This method seems to have been first used by the writer¹⁾, and has been applied later independently by different authors (Gifford, and others).

For the Arizona crater the estimate is as follows. Dimensions (Barringer): diameter 1200 metres, height of walls outside 36—49 metres, depth of base of solid rock 320 metres below ground level; probable zenith angle of incidence of projectile 20° ; depth of penetration of projectile $320 \sec 20^\circ = 340$ metres; mass of material thrown out or shattered etc. $(0.36 \text{ km}^3) 1.0 \times 10^9$ tons; this we call later "the mass affected". Judging from the distance at which fragments were found it appears safe to assume the mechanical work equivalent to a lifting of all the mass involved to a height of 1200 metres or 1.2×10^8 erg/gr. The work of shattering may be estimated at about 6×10^6 erg/gr (from compressibility and crushing strength), or a small fraction of the whole. For a velocity of impact $w_0 = 20$ km/sec, the

1) E. Öpik, Remarque sur la théorie météorique des cirques lunaires, Bull. de la Société Russe des Amis de l'Etude de l'Univers, No. 3 (21), pp. 125—134, 1916; in Russian with French abstract.

kinetic energy is 2×10^{12} erg/gr, and the minimum mass of the projectile $\frac{1.2 \times 10^8}{2 \times 10^{12}} = 6 \times 10^{-5}$ of the mass affected, or 60 000 tons (equivalent diameter of iron sphere 24 metres or 1/50 of the diameter of the crater). For $w_0 = 60$ km/sec, the minimum mass is 7×10^{-6} of the mass affected or 7000 tons (iron diameter 12 metres).

b. Penetration of the projectile.

The "aerodynamic" pressure at the penetration of a meteor into rock is of the order of 10^7 — 10^8 atmospheres, or more than 1000 times the plastic limit of steel; no doubt all solid materials under such pressures must behave like liquids; thus the problem of meteor impact is the case of the impact of a liquid drop of given density δ into a liquid medium of density ρ . The forces of inertia are the only forces of importance except when the velocity is very low. For the impact of iron ($\delta = 7.8$) into stone ($\delta = 2.6$) iron is fluid for velocities exceeding 1.6 km/sec. (aerodynamic pressure = plastic limit).

The effective aerodynamic resistance is only approximately given by $C\rho w^2$ (per unit of cross section normal to the direction of motion), and depends upon the ratio $\rho:\delta$ ¹⁾; the pressure is actually a complicated hydrodynamic variable; because of the fluidity of the material there does not exist any definite surface of resistance; the impinging body changes in shape, the main feature of the change being evidently a flattening, or broadening at right angles to the direction of motion, with a possible breaking into smaller pieces²⁾. Hydrodynamic stream lines are formed both in the medium, and in the projectile itself. On the other hand, complications which are known at velocities near the velocity of sound do not exist in the present case. At the same time, the propagation of the shock wave, in the medium and inside the projectile, goes on with an initial speed comparable with the velocity of the projectile, much faster than the "ordinary" velocity of sound.

Taking into account, however, that the expression $C\rho w^2$ for the aerodynamic resistance follows directly from the law of

1) When $\rho:\delta$ is small, as in the case of iron impact into stone, the formula holds well.

2) Process similar to what happens to a "dum dum" rifle bullet.

conservation of momentum, we feel safe in using it in the following model for calculations within a close order of magnitude, with the understanding that w is a certain effective relative velocity of the projectile, and that the deceleration produced by the imaginary aerodynamic resistance refers to the centre of the mass.

In our rough calculations aiming at the order of magnitude only, any original shape of the projectile if not too "unusual" is as good as another. We assume a cylinder of height equal to diameter $2R_0$, moving axially. Denoting the penetration by x , we assume that the flattening projectile remains a cylinder of radius R , and height H ; assuming an incompressible fluid¹⁾, the constancy of volume gives:

$$R^2 H = 2R_0^3 \dots \dots \dots (1).$$

Let the velocity at the front surface be w' , the velocity of the centre of mass be w , and (with a linear gradient of velocity) the velocity at the rear surface be $2w - w'$. For the sake of simplicity, we assume that such a gradient of velocity in the projectile exists from the first moment of contact with the medium. The loss of momentum per unit of time and unit cross section of the projectile we assume equal to

$$p' = \frac{1}{2} \rho w'^2 + k^2,$$

where k is the crushing strength of the medium which becomes important only when the velocity drops down to about 1 km/sec. Let the velocity of sidewise expansion be

$$w'' = \frac{dR}{dt} \dots \dots \dots (2); \text{ also:}$$

$$-2(w - w') = \frac{dH}{dt} \dots \dots \dots (3).$$

From (1), (2), and (3) we get:

$$w'' = \frac{R}{H} (w - w') \dots \dots \dots (4).$$

The pressure on the lateral surface of our cylinder we assume equal to

$$p'' = \frac{1}{2} \rho w''^2 + k,$$

1) Although far from the truth at these high pressures, this simplification has little influence on the computed penetration.

2) The empirical resistance for motion perpendicular to a flat surface is $0.55 \rho w^2$ in water, $0.7 \rho w^2$ in air.

which means that the lateral surface of the cylinder is considered all the time in contact with the medium (an artificial assumption, like many others, but serving our purposes well).

Further, using here (rather artificially again) a well known hydrodynamical principle, we assume $\delta \frac{w''^2}{2} = p' - p''$, or

$$\delta w''^2 = \rho (w'^2 - w''^2), \text{ whence:}$$

$$w'' = w' \sqrt{\frac{\rho}{\rho + \delta}} \dots \dots \dots (5).$$

Combining (4) and (5) we get:

$$w' = \frac{w}{1 + \frac{H}{R} \sqrt{\frac{\rho}{\rho + \delta}}} \dots \dots \dots (6).$$

The schematic equation of motion we may write thus:

$$\pi R^2 p' = -m \frac{dw}{dt} = -m \frac{d^2x}{dt^2},$$

where $m = 2\pi R_0^3 \delta$ is the mass of the projectile; or, also,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dw}{dt} = -\frac{1}{R_0} \left(\frac{1}{4} \frac{\rho}{\delta} w'^2 + \frac{k}{2\delta} \right) \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 \dots \dots \dots (7).$$

Table I.

Maximum Penetration (x_m), and Final Radius (R_m), in units of Initial Radius ($R_0 = 1$) of a Cylindrical Projectile ($H_0 = 2R_0$), of Initial Velocity w_0 (km/sec), moving parallel to its axis:

- case a), iron projectile impact into stone, $\delta : \rho = 3$, $k = 2 \times 10^9$ dyne/cm²; 1)
- case b), stone projectile impact into stone, $\delta = \rho$, $k = 2 \times 10^9$ dyne/cm²; 2)
- case c), iron projectile impact into iron, $\delta = \rho$, $k = 2 \times 10^{10}$ dyne/cm²; 2)
- case d), stone projectile impact into iron, $\delta : \rho = \frac{1}{3}$, $k = 2 \times 10^{10}$ dyne/cm². 2)

	case a) $w_0 = 60$	case a) $w_0 = 20$	case b) $w_0 = 60$	case c) $w_0 = 60$	case d) $w_0 = 60$
x_m	7.923	7.351	4.536	4.255	2.785
R_m	4.022	3.636	3.456	3.254	2.504
$2R_m : x_m$	1.02	0.99	1.52	1.54	1.80

1) Limit of fluidity of iron at $w' = 1.18$ km/sec; below that limit $R = R_m = \text{const.}$ was assumed.

2) No limit of fluidity of projectile assumed.

Equations (7), (6), (5), (2), and (1) form a system which may be numerically integrated. We notice that geometrical similarity holds (for constant velocity, $t \sim x \sim R_0$). The numerical integration was made by comparatively large steps, thus not of very high accuracy; the accuracy is however quite sufficient for the purpose of our "analytical estimates". The final results of the computation are collected in Table I. The density of stone (one-third of iron) assumed in the computations corresponds to terrestrial rocks, and is lower than the mean density of stone meteorites.

Details of a sample computation are given in Table II.

Table II.

Sample Computation of Iron Meteor Impact into Stone (case a), $w_0 = 60 \times 10^5$ cm/sec, $\delta = 7.8$, $q = 2.6$,
 $k = 2 \times 10^9$, $R_0 = 1$ cm.

$t \times 10^7$ sec.	x cm	w cm/sec	w' cm/sec	R cm	$-\frac{dw}{dt}$
0	0.000	60.0×10^5	30.0×10^5	1.000	7.5×10^{11}
1	0.596	59.2	35.7	1.149	1.76×10^{12}
2	1.179	57.4	40.2	1.325	2.36×10^{12}
3	1.741	55.0	43.0	1.522	3.57×10^{12}
4	2.273	51.4	43.3	1.730	4.66×10^{12}
5	2.763	46.7	41.0	1.936	5.24×10^{12}
6	3.204	41.5	37.7	2.130	5.36×10^{12}
7	3.592	36.1	33.5	2.306	4.98×10^{12}
8	3.928	31.1	29.1	2.462	4.27×10^{12}
9	4.218	26.8	25.3	2.593	3.58×10^{12}
10	4.468	23.2	22.1	2.711	2.98×10^{12}
11	4.685	20.2	19.2	2.814	2.43×10^{12}
12	4.875	17.8	17.1	2.905	2.05×10^{12}
13	5.043	15.8	15.2	2.986	1.72×10^{12}
14	5.193	14.1	13.6	3.058	1.44×10^{12}
16	5.445	11.2	10.9	3.180	1.00×10^{12}
18	5.649	9.20	8.95	3.279	7.20×10^{11}
20	5.819	7.76	7.58	3.362	5.40×10^{11}
22	5.963	6.68	6.51	3.432	4.67×10^{11}
25	6.142	5.28	5.16	3.519	2.76×10^{11}
29	6.331	4.18	4.10	3.612	1.82×10^{11}
34	6.518	3.27	3.21	3.704	1.19×10^{11}
39	6.667	2.67	2.62	3.778	8.37×10^{10}
47	6.854	2.00	1.97	3.870	5.06×10^{10}
57	7.029	1.49	1.47×10^5	3.956	3.02×10^{10}
67	7.163	1.19	= w	4.022	2.02×10^{10}
77	7.272	0.99	= w	4.022	1.54×10^{10}
87	7.363	0.84	= w	4.022	1.16×10^{10}
107	7.507	0.61	= w	4.022	7.1×10^9
127	7.615	0.47×10^5	= w	4.022	5.0×10^9
261	7.923	0.00	= w	4.022	2.1×10^9

Velocity, within the range of probable meteor velocities, has little influence upon the depth of penetration; the first two cases of Table I may serve as an illustration of this fact.

In our model, the final flattening of the projectile is enormous; thus for case a), $w_0 = 60$, the final shape of the projectile is a flat circular sheet of diameter about $8 R_0$ and thickness $1/8 R_0$ or $1/64$ -th of the diameter of the sheet. In connection with that it appears highly significant that the crater No. 4 of the Kaali meteorite group in Estonia, explored by Reinvaldt¹), shows a flat depression at the bottom. The depression is $2R_m = 5.5$ metres in diameter (diameter of crater 20 metres), and the probable depth of penetration $x_m = 3.5$ metres (counting with the actual soil layer, and assuming vertical incidence); this gives $2R_m : x_m = 1.57$, or a value within the order of magnitude of the data of Table I [suggesting perhaps case b), or the impact of a stone meteorite]. A certain dead funnel, near the centre of the flat depression, ascribed by Reinvaldt to the print of the meteorite (whose dimensions in this case would have been improbably small), may be due to the impact of an iron kernel forming part of the larger stone.

c. Mass affected.

The amount of material crushed and dislocated by a given impact may be estimated in the following, very approximate way. A projectile that moves much faster than the velocity of sound of the medium forces the material of the medium to give way sideways; in this manner a shock wave is formed, consisting of a shell of matter with the trajectory of the projectile as axis moving radially outward with a certain effective velocity; at the margin of the space swept by the projectile this velocity may be set equal to $w''' = \frac{w'}{\sqrt{2}}$ (notations and methods of preceding section²). The total "radial momentum" of the shock wave is thus equal to

$$Q = \int_0^{x_m} \frac{\pi R^2 \rho w'}{\sqrt{2}} dx \dots \dots (8).$$

1) J. A. Reinvaldt, Kaali Järv — The Meteorite Craters on the Island of Ösel (Estonia), Publ. of the Geological Inst. Tartu, No. 30, 1933; also, Publ. Geol. Inst. Tartu, No. 11, 1928.

2) The expression for w''' is got from (5) by setting $\delta = \rho$ (the medium of uniform density being considered in the present case).

With practical incompressibility of the medium, the shock wave represents chiefly a sort of transfer of radial momentum over a continually increasing volume, with only a feeble transfer of matter; as the volume affected increases, the average velocity of the outward movement, v ($=$ velocity of vibration, not of propagation), decreases in such a manner that the radial momentum will remain constant; thus

$$Mv = Q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9),$$

where M is the total mass affected at a certain phase. By setting v equal to the "velocity of destruction", at which the kinetic energy of the unit mass is equal to the energy spent in crushing, lifting and ejecting the unit mass of the material, from (9) and (8) it is possible to calculate the mass affected, M , in terms of the mass of the projectile, μ . For the model considered in the preceding section we have $\mu = 2\pi\delta R_0^3$, and

$$\frac{M}{\mu} = \frac{\rho}{2\sqrt{2}v\delta} \int_0^{x_m} \frac{R^2 w'}{R_0^3} dx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

The value of the integral in (10) is found by numerical integration equal to 76.98×10^6 ¹⁾ for $w_0 = 6 \times 10^6$ and $\frac{\delta}{\rho} = 3$ (see Table II); for other cases the integral is very closely proportional to $\frac{\delta}{\rho} w_0$. Thus, for an impact of any sort of projectile into rock we have, by (10), independently of δ and ρ ,

$$\frac{M}{\mu} = \frac{\rho}{2\sqrt{2}v\delta} 76.98 \times 10^6 \left(\frac{w_0}{6 \times 10^6} \right) \cdot \left(\frac{\delta}{\rho} \right) = \frac{76.98 \times 10^6}{6\sqrt{2}v} \left(\frac{w_0}{6 \times 10^6} \right), \text{ or with}$$

$$v = 1.55 \times 10^4 \text{ cm sec}^{-2}, \quad \frac{M}{\mu} = 588. \left(\frac{w_0}{6 \times 10^6} \right) \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

In the case of impact into iron, the energy of rupture is about 9×10^7 erg/gr, or about fifteen times larger than the crushing energy of rock; we may assume that, in the case of

1) This value corresponds to a total radial momentum equal to $\frac{3}{2} \mu w_0$, or $\frac{3}{2}$ times the momentum of the projectile.

2) This corresponds to an average mechanical work of 1.2×10^8 erg/gr, as assumed in Section a).

impact, the total mechanical energy spent in crushing and dislocating the material is larger in the same proportion, or that v is about four times the value for rock. Thus, for the impact of a cosmic projectile into iron we get:

$$\frac{M}{\mu} = 147. \left(\frac{w_0}{6 \times 10^6} \right) \dots \dots \dots (12).$$

d. Mass of Arizona Meteorite.

The methods developed in Sections *b* and *c* furnish two independent criteria for estimating the probable mass of a projectile able to produce a given meteor crater. Method *b* is based on the observed penetration, x_m , which in connection with Table I leads to an estimate of R_0 , and hence of the original mass, μ ; method *c* is based on the observed amount of crushed and ejected material. For the Canyon Diablo crater we assume: $x_m = 340$ metres; $\frac{\delta}{\rho} = 3$ (iron into stone), thus case a) of Table I; $v = 1.55 \times 10^4$ cm/sec, or formula (11); $M = 1.0 \times 10^{15}$ gr.

The different estimates of mass calculated with these numerical data are given in Table III.

Table III.

Estimates of Mass (in tons) of Canyon Diablo Crater Meteorite.

Assumed velocity w_0 , km/sec	a minimum from mech. work	b probable mass from penetration	c probable mass from volume of crater
20	60 000	4.8×10^6	5.1×10^6
60	7 000	3.9×10^6	1.7×10^6

Methods *b* and *c* yield identical values of the mass at a velocity of 25 km/sec, which result; however, need not be taken too seriously. The important fact is that both methods give at meteor velocities results of closely the same order of magnitude. It seems safe to conclude that the total mass of the Arizona meteor may have been from two to five million tons.

On the other hand, there is little chance of expecting all that mass to be found somewhere in one large piece. As follows

from the theory of section *b*, at the final moment of the first phase of the impact (moment of deepest penetration), all this enormous mass of iron must have been flattened out over an area (only about 100 metres eccentrically placed relative to the rim) of about 330 metres diameter, with an average thickness of from five to seven metres; without doubt all this mass could not have kept together as a single piece, but must have been broken up into thousands of smaller fragments. Further, the moment of deepest penetration hardly represents the final phase of the collision; subsequent movements, perhaps even an explosion due to heat action, may have dislocated the meteor fragments and mixed them with the other debris of the crater.

Tartu, May 1935.

II. The possible Consequences of the Collisions of Meteors in Space.

Abstract.

Like the two preceding papers of this Series¹⁾, the present, third paper must be regarded as preparatory to a general theory of meteor phenomena, yielding at the same time results of independent significance.

Impacts from numerous small meteors must "eat up" and pulverize, in the course of time, meteoric material. In this grinding action meteors belonging to interstellar space must be much more efficient than those belonging to the solar system.

Numerical estimates indicate that during 3000 million years most stone meteors of original radius about 0.1 cm, and most iron meteors of original radius 0.01 cm, or smaller, must have been destroyed by collisions.

Assuming that Leonids and Perseids are chiefly stones (spectroscopic evidence), the peculiarities of their "luminosity curves", i. e. the absence of faint members, if ascribed to the effect of collisions, give for these streams lower and upper limits of age 500 and 7000 million years respectively, in satisfactory agreement with the supposed age of the solar system.

As the result of grinding by collisions, the ratio of the surface of the meteor to its mass increases steadily; leaf-shaped bodies of a surface rich in cavities (small craters) are formed, which, when penetrating into the terrestrial atmosphere, are vapourized at greater heights than would be a compact (spherical) body of same mass and velocity.

As the result of collisions, most meteors are likely to have acquired considerable rotation, of the order of 30 m/sec "equatorial" velocity for average "naked-eye" objects.

1) A, and I, cf. p. 3.

Collisions between meteors of large relative velocity lead to the formation of smaller and smaller fragments, which process in the course of time may end in complete volatilization. The importance of this process we are going to consider below. The data of Paper I are of great use for our purposes. The quantitative results aim at the order of magnitude only, but, even as such, they are eloquent enough to point out a number of important problems in meteor research.

The surface of a meteor travelling in space is subject to the impacts of other meteors. The majority of collisions must take place with particles which are small as compared with the meteor itself; collisions with larger bodies must be comparatively rare because the large meteors are known to be less numerous than the small meteors. Each impact of a small particle produces on the surface of the meteor a sort of a small "meteor crater"; the dust-like fragments of meteoric material, very small as compared with the meteor, and even with the projectile itself, will be dispersed in space by the shock; thus the meteor loses all the "mass affected"¹⁾, which partly is volatilized, but mostly, however, is converted into solid dust of "ultra-telescopic" meteors of a size that is practically outside the range of our observations. Except when molecular dimensions are approached, geometrical similarity may be assumed to hold, and the ratio of mass lost to the mass of the projectile may be taken as defined by (11) and (12) of Paper I.

a. Assumptions.

A fundamental difference with respect to the efficiency of collisions must exist between the solar meteors (members of the solar system), and the hyperbolic meteors (supposed to be mostly members of the galactic system). The solar meteors, being in many cases connected with comets, are known to move mostly

1) Cf. Paper I.

along very elongated ellipses. A meteor moving along such an orbit spends most of its time near aphelion, where the velocity and space density (number of meteors per unit volume) are much smaller than the same observed by the terrestrial observer. Collisions of solar meteors with solar ones must therefore be comparatively rare. On the other hand, the velocity and space density of hyperbolic meteors is only moderately influenced by the solar gravitational field, so that these quantities as observed by the terrestrial observer are at least of the same order of magnitude as in interstellar space. The number of hyperbolic meteors seen by the terrestrial observer being comparable with the number of solar meteors¹⁾, at aphelion distances of most solar meteors, the hyperbolic meteors may considerably outnumber the solar meteors. Most meteor collisions must therefore take place with hyperbolic meteors.

In the following we try to make a minimum estimate of the effect of collisions. For solar meteors therefore we assume aphelion conditions as the least favourable for collisions, and we neglect collisions with other solar meteors; we consider only collisions produced by hyperbolic meteors.

For the sake of simplicity, we assume the masses of meteors classified according to stellar magnitudes²⁾, and the frequency of magnitudes, or masses, to be a geometrical progression with a ratio of increment of 2.512 per magnitude (such a ratio is of the right order for telescopic meteors up to about the 10-th zenithal magnitude, the limit of definite information). As minimum frequency of hyperbolic meteors at great distances from the sun we assume one-tenth of the average frequency of all meteors observed by the terrestrial observer. This minimum frequency may be estimated at 0.2 meteors per hour of the second zenithal magnitude (average mass 10 milligram at velocity 60 km/sec) per 30 000 km² of a horizontal surface, or 5.84×10^{-12} per cm² and year, with a corresponding increment of the number for each fainter magnitude class. The surface of the meteor is, from the standpoint of cosmic impacts, "horizontal" in the same geometrical sense as we call horizontal the boundary of our atmosphere, and the estimated frequency of meteor encounters

1) E. Öpik, On the Distribution of Heliocentric Velocities of Meteors, Harvard Circ. No. 391, 1934.

2) Reckoning by integer magnitudes only.

applies thus directly to the boundary of the meteor (except when concave), which we assume spherical, for the sake of simplicity.

We consider first solar meteors composed of stone. The average relative velocity of the projectiles we set equal to 60 km/sec. Without regard to the composition of the impinging projectiles, by formula (11) of Paper I the mass lost by the meteor may be assumed equal to 588 times the mass of the projectile. The impact of a 2-nd magnitude meteor pulverizes thus $0.010 \times 588 = 5.88$ gram of the meteor substance. With a density $\rho = 3.4$ this means an average loss per year of a layer of

$$\frac{5.88}{3.4} \times 5.84 \times 10^{-12} = 1.01 \times 10^{-11} \text{ cm} \dots \dots (a),$$

due to impacts of 2-nd zen. mag. meteors only. For any other magnitude class of the impinging meteors, with the law of the frequency of masses assumed, the total mass, and the total effect will be the same. Let n denote the effective number of magnitude classes of the hyperbolic meteors which are active in grinding the surface of a meteor of a given radius R ; we have the decrement of radius of such a stone meteor:

$$\frac{dR}{dt} = -1.01 \times 10^{-11} n \dots \dots \left(\frac{\text{cm}}{\text{year}} \right) \dots \dots (1).$$

Formula (1) applies chiefly to impacts of relatively small projectiles. Projectiles which are larger than $\frac{1}{588}$ th of the mass of the meteor destroy less than supposed above: collisions with such projectiles may destroy all the meteor, but not more. Also, collisions with large projectiles are comparatively rare. We disregard the collisions with projectiles larger than the above-mentioned limiting relative size, considering in (1) only magnitude classes of the impinging meteors which are at least seven magnitudes less massive¹⁾ than the given meteor. In this way we again underestimate the destructive action of the collisions. In this case n is determined by the effective lower limit of meteor masses. This lower limit is rather indefinite. We may set two extreme values for the lower limit of meteor masses:

1) the steady increase of meteor numbers with decreasing luminosity, and mass, has been definitely observed up to about

1) We remind that here magnitudes are used to measure masses, not uminiosities.

the tenth magnitude; fainter telescopic meteors have been observed occasionally; it appears safe to assume zenithal magnitude 13 as a directly observed upper limit of minimum mass;

2) the total mass of meteors in a given volume of space must be finite; also, the size of particles cannot decrease indefinitely; the minimum possible size of individual particles is represented by molecules, or atoms (not counting electrons); collisions produced by single molecules are unable to kick out from a solid surface more than a small multiple of their own mass, because the forces of chemical affinity (molecular forces) present too great an obstacle to destruction; thus, very small particles, approaching the dimensions of molecules, are rather inefficient in destroying by impacts a solid body; from these considerations, we get the maximum amount of the active impinging mass by setting the lower limit of masses in a steady increment of 2.512:1 equal to limiting zenithal magnitude about 52 (mass of molecule); it seems that by extrapolating the frequency of masses over such an enormous range we obtain a large overestimate.

Thus, for stone meteorites of magnitude class m , we have two limits for the possible value of the "coefficient of destruction", n :

$$52 - (m + 7) > n > 13 - (m + 7), \text{ or}$$

$$45 - m > n > 6 - m \quad (2).$$

We notice that in our system of measuring masses, $m = 2$ -nd zen. mag., or mass 10 milligram¹⁾, corresponds very closely to $R = 0.1$ cm (stone), or that

$$m = -5.5 - 7.5 \log R \quad (3),$$

the radius being given in cm.

For an average naked-eye meteor, $m = 2$, $R = 0.1$ cm,

$$43 > n > 4, \text{ and from (1):}$$

$$4 \times 10^{-10} > -\frac{dR}{dt} > 4 \times 10^{-11} \quad (4).$$

Assuming $t = 3 \times 10^9$ (minimum age of the universe), we get the total decrease of radius

$$1.2 > -\Delta R > 0.12 \text{ cm,}$$

1) Cf. Paper A, p. 39.

or values larger than the meteor itself. In other words, in present conditions, a comparatively rapid disintegration of "naked-eye" stone meteors must take place. Assuming the minimum rate of disintegration, we find that an average stone meteor which at present is of the 2-nd zen. magnitude, or $R = 0.1$ cm, must have been originally (3×10^9 years before our era) of an average radius 0.22 cm, or of average magnitude — 0.5, which means an average decrease of mass in the ratio 10:1. Meteors of original radius 0.1 cm must have disappeared altogether.

Iron meteors must be more persistent. From (12) of Paper I, the destructive action of collisions upon iron meteors is estimated at one-quarter (by mass) of the corresponding action upon stone meteors, or about one-ninth by volume: thus we may set $\frac{dR}{dt}$ for iron at nine times smaller than for stone. This makes, for $t = 3 \times 10^9$ years,

$$0.13 > -\Delta R > 0.013 \text{ cm};$$

naked-eye iron meteors may be reasonably persistent for periods of time comparable with the supposed age of the universe; rapid disintegration may take place among telescopic iron meteors. Assuming the minimum rate of disintegration as given above, we find that iron meteors which at present are of the 9-th zen. magnitude may have decreased in mass in the ratio 10:1 during 3×10^9 years. Fainter telescopic meteors must have disappeared during such an interval of time. We notice that our estimates refer to hyperbolic meteors equally well, unless these move more or less parallel in space with identical velocity so that collisions cannot occur frequently enough: rejecting this latter possibility as an improbable one, we may account for the existence of faint telescopic meteors only by the assumption that their supply is continually renewed: 1) either through fragments from collisions of larger meteors, or 2) from condensation of interstellar gas. In other words, faint telescopic iron meteors, and most of the fainter naked-eye stone meteors cannot be as old as the universe is.

b. Age of Leonids and Perseids.

These two meteor streams seem to be conspicuous by the practical absence of faint telescopic members. As a drastic case

may be mentioned the splendid Leonid display as observed on Nov. 16—17, 1931, at Flagstaff, Arizona; while each of the visual observers, including the writer, succeeded in tracing on maps about 100, mostly bright, Leonids, prof. S. L. Boothroyd observing with a four inch telescope recorded only seven meteors, none of which could be a Leonid. The magnitude — frequency curves for these two streams, instead of showing a steady increment, seem to bend over, yielding maxima at places which may be set at $R=0.10$ cm for Leonids (at about 1-st appar. mag., $w=71$ km/sec), and at $R=0.06$ cm for Perseids¹). Assuming an original distribution with a steady increment (2.512:1 in the present case) over all magnitudes, thus without a maximum in the frequency curve, assuming that the average final radius is

$$R = R_0 - \Delta R, \quad \Delta R = \text{const.} = -\frac{dR}{dt} \times t,$$

a simple mathematical analysis indicates that the final frequency of magnitudes will show a maximum when $R=1/4 R_0$, or $\Delta R=3R$. This gives $\Delta R=0.30$ cm for Leonids, and 0.18 cm for Perseids. The theoretical frequency decreases very rapidly for magnitudes fainter than the magnitude of maximum frequency, and the final frequency shows much resemblance to the observed frequencies of the magnitudes of the meteor streams under examination.

In connection with this, we notice that all the eight spectra of Leonids²) hitherto observed belong certainly to stones (H and K lines of Ca^+ prominent). This indicates that stones are the predominant constituent of the Leonid shower. For Perseids the data are less numerous, but apparently they also are mostly stone meteors. On the other hand, of the fourteen spectra of "sporadic" meteors (mostly hyperbolic?), only five are certainly stone, whereas nine or 64 per cent are apparently iron²). These data refer to meteors whose spectra could be photographed, i. e. to comparatively bright fireballs, of large radius for which the process of disintegration considered above must have been unimportant. Therefore these figures give us an idea of the ori-

1) These estimates of the radius are rather insensitive to the precise magnitude of the maximum.

2) P. M. Millman, An Analysis of Meteor Spectra, 2nd paper, Harvard Annals 82, No. 7, 1935.

ginal relative frequency of stone and iron, unaffected by disintegration. It appears safe to assume that the Leonids and Perseids are predominantly stone, which from the above considerations appears to be subject to rapid disintegration. With the rate of disintegration as given by (4), and the values of ΔR as estimated above, we find the age of the Leonids from 7.5×10^8 to 7.5×10^9 years, and the age of the Perseids from 4.5×10^8 to 4.5×10^9 years. Without laying too much stress on the actual figures obtained, because they depend upon so many assumptions, we notice that the figures are of the order of magnitude of the supposed age of the solar system (and, probably, also of the universe itself)¹.

Before concluding, it might be safe to inquire into other possible reasons for the lack of small meteors in the periodic meteor showers discussed here. One of the possibilities is the lack of these small particles "from the very beginning"; we cannot disprove such a hypothesis, although it seems rather improbable. Another cause which might have led to an apparent lack of small meteors is radiation pressure; changing the orbit, radiation pressure might have forced the smaller particles to move along paths which do not intersect with the earth's orbit; in this way a kind of "sedimentation" takes place in the meteor stream. It is easy to show, however, that the actual effect is too small to be observed. The radiation pressure is equivalent to a change of the gravitational constant; for absorbing spheres that are large compared with the wave length and are moving in the solar gravitational field, the relative change of the gravitational constant is given by (5) and (5'):

$$\Delta g = - \frac{1.78 \times 10^{-5}}{R} \text{ (Stone) (5), and}$$

$$\Delta g = - \frac{0.77 \times 10^{-5}}{R} \text{ (Iron) (5').}$$

Meteor streams are mostly observed near their perihelia. In such a case, the maximum displacement of the orbital stream line we obtain by assuming that the small and the large ($R = \infty$) particle start at aphelion with equal velocities. From element-

1) E. Öpik, *Meteorites and the Age of the Universe*, Popular Astronomy 41, No. 2, 1933; Harvard Reprint No. 84.

any considerations we find the change of the perihelion distance q as follows:

$$\Delta q = -q \Delta g \frac{q+r}{r} \dots \dots (6),$$

where r is the aphelion distance. For observable meteor streams $q \leq 1$, and r is large as compared with q ; $\frac{q+r}{r}$ is very close to 1. Setting $q=1$ in (6), we actually overestimate the effect.

Thus $\Delta q = -\Delta g$. For $R=0.06$ cm (Perseids of the 4-th magnitude), according to (5),

$$\Delta q = +0.0003 = 45\,000 \text{ kilometres,}$$

or the distance travelled by the earth in twenty-five minutes. On the other hand, the Perseids and many other meteor streams are known to be spread over elliptical rings of a thickness at least fifty times larger than that, by causes other than radiation pressure; thus, the effect of radiation pressure upon naked-eye meteors must be negligible, being entirely lost in a number of other effects¹⁾ which partly are known (perturbations, which equally affect large and small bodies). The radiation pressure may become important, from the standpoint of "sedimentation", only from about the 15-th mag. There seems to be no escape from the conclusion that the observed absence of faint members of meteor showers is due to the effect of collisions with meteoric particles of interstellar space. Numerical estimates indicate that the time of the "unshielded" existence of the Leonid and the Perseid showers may be equal or close to the supposed age of the solar system. This conclusion does not depend upon possible changes in the shape of the orbits of these streams during the interval of time mentioned above, supposing that the aphelion distances of the orbits remained large (> 4 astr. units) during all the time of the existence of the shower.

c. Shape of meteors.

As another consequence of the continual grinding of the surface of meteors by collisions there follows a curious system-

1) The momenta contributed by consecutive collisions with small hyperbolic meteors may play the chief rôle; this explains why large masses are relatively more abundant on the days of the maxima of the Perseids (and Leonids). (Cf. Tartu Observatory Publ. XXV, 1 and 4, 1922, 1923.)

atic change in their shape. The original shape of a meteor, although often assumed to be spherical for purposes of schematization, is certainly in most cases far from being such; whether fragments of larger bodies, or products of crystallization in space, there can be hardly any doubt that the original shape must have been as irregular as we know terrestrial fragments are. Most of the grinding is produced by a great number of small collisions, the effect of which is a more or less uniform decrease of the dimensions in all directions by an amount ΔR ; let the major and the minor original diameters of the fragment be a_0 and b_0 ; the final probable diameters will be

$$a = a_0 - 2 \Delta R, \text{ and}$$

$$b = b_0 - 2 \Delta R.$$

Evidently

$$\frac{a}{b} > \frac{a_0}{b_0},$$

or a small original inequality of the diameters is intensified through the effect of collisions. For example, let us take a prism of original dimensions 0.60, 0.80, and 1.00 cm respectively, which proportions may be regarded as typical for an average fragment, and let $\Delta R = 0.24$ cm (mean estimated for Leonid and Perseid stones); the final probable dimensions are 0.12, 0.32, and 0.52 cm, or the prism becomes more elongated, and still more flattened. Of course, some major collisions may easily break into pieces such a flattened figure, thus preventing it from becoming a very thin leaf; but a general tendency for producing flattened and elongated fragments must exist. Together with the traces of major collisions in the form of cavities, branches, holes, the effect will consist in increasing the relative surface of the meteors. From estimates made above, we may expect that naked-eye stone meteors possess a much greater surface per unit of volume than iron meteors. From the standpoint of the meteor theory (process of vaporization in the terrestrial atmosphere), this circumstance seems to be of considerable importance.

d. Rotation.

From the preceding it appears that a meteor being subject to collisions which may destroy it or break off fragments from

it, must acquire relatively rapid rotation as another consequence of the collisions. Possible rotation has a great influence upon the theory of meteor phenomena in the terrestrial atmosphere; therefore we may try to evaluate the order of magnitude of the minimum rotational velocity of meteors.

The problem is rather complicated because the mass of the meteor decreases while it acquires rotational momentum through collisions. Certain simplifications are necessary.

In an inelastic collision, part of the relative momentum is spent in producing rotation. When the impinging mass m_1 is small as compared with the mass m_2 of the meteor — which is almost always our case — the average “equatorial” velocity of rotation acquired through the collision of relative velocity w may be estimated at

$$u_0 = \frac{1}{2} \frac{m_1}{m_2} w^1) \dots \dots \dots (7).$$

There is a limitation to the formula set by the rigidity of the material; a momentum of rotation larger than a certain limit cannot be intercepted; above the limit the material yields and the meteor breaks, in other words it does not behave any more like a single rigid body. An obvious necessary condition for the complete absorption of the momentum of the projectile is that the latter must not penetrate through the body of the meteor. Another condition is that there must be left something to rotate — a considerable fraction of the meteor must remain in one solid block. As an upper limit for complete absorption of the momentum of the impact we assume collisions which destroy not more than one-quarter of the mass of the meteor. From Paper I it appears that the condition of non-penetration is well fulfilled in this case (the crater formed by impact is shallow). In the following we consider only collisions which destroy at once not more than one-quarter of the meteor. By disregarding initial rotation, as well as rotation produced by “major collisions” i. e. those which destroy more than one-quarter of the original mass, we evidently get a minimum estimate of the total rotational effect. On the other hand, with the limitation set above, in assuming constant mass and dimensions of the meteor during all its life time we must get the right order

1) Theory gives a somewhat larger value for a rigid sphere.

of magnitude of the rotational velocity. Disregarding the continuous shrinking of the meteor during its life time or assuming its size to be equal to the final present size actually means a slight overestimate of the total rotational effect [because the effect is stronger for small meteors, cf. formula (9)]. Discarding the major collisions means underestimating the rotational effect. Thus the tendency of the two simplifications is to cancel the errors introduced by them.

Let us classify, as before, the masses of meteor projectiles by whole magnitude classes. Let the largest class which we take into account yield altogether K impacts, each of which is capable of producing an average rotational effect u_e ("equatorial" velocity of rotation); the rotational impulses are of an accidental character, and their summation therefore may be assumed to follow the quadratic rule; the total average rotation produced by the given magnitude class is thus $u_e \sqrt{K}$ (when $K > 1$). The next magnitude class of projectiles produces impulses which are $\frac{1}{a}$ times smaller, and a times more numerous (with the adopted law of distribution of meteor masses), where $a = 2.512$; thus the total impulse from this class is $\frac{u_e}{a} \sqrt{aK} = \frac{u_e \sqrt{K}}{\sqrt{a}}$. Evidently the rotational impulse produced by all magnitude classes is

$$U_e = u_e \sqrt{K} \sqrt{1 + \frac{1}{a} + \frac{1}{a^2} + \dots} \quad (8).$$

The sum under the square root is a rapidly converging series and depends very little upon the number of members. Four members give 1.62, and an infinite number of members gives 1.66. Thus the uncertainty in the distribution of non-observable, ultra-telescopic meteors does not influence our estimates in this case. We set, as a minimum value of the mean equatorial velocity acquired,

$$U_e = 1.2 u_e \sqrt{K} \dots \dots \dots (8').$$

We see that a few impacts of large projectiles practically determine the velocity of rotation.

Taking a typical stone meteor of $R = 0.1$ cm (2-nd zen. magnitude at $w = 60$ km/sec), and an average velocity of 60 km/sec, we find that the largest projectile which must be taken

into account, i. e. which is capable of destroying one-quarter of the meteor, has a mass ratio $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{4.588} = \frac{1}{2350}$ (according to form. (11) of Paper I). The spherical surface of $R=0.1$ cm is 0.13 cm²; with the frequency of meteors assumed in Section a) of the present paper, we find that during 3×10^9 years the probable number of collisions with such particles is

$$K = 5,84 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 10^9 \cdot 0,13 \cdot 2350 = 5,3.$$

The average velocity of rotation of a 2-nd mag. stone is thus, according to (8) and (7),

$$U_e = 1,2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2350} \cdot 6 \cdot 10^6 \sqrt{5,3} = 3600 \text{ cm/sec. (for stone, } R=0.1 \text{ cm).}$$

We have disregarded here the additional impulse from the ejection of the debris produced by the impact; the ejection of fragments or vapours more or less at right angles to the surface adds to the rotational impulse of the projectile in the case of a non-spherical body; the addition may amount to from 30 to 70 per cent, according to the considerations put forward in Paper I. In disregarding the additional impulse, we remain on the safe side of the intended minimum estimate. The resulting probable velocity of rotation is nevertheless considerable, corresponding to 6000 revolutions per second.

The formula for the combined effect of rotation tacitly assumed that the mean rotation, already acquired, is small as compared with the "statistical equilibrium velocity", $w \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$. For $w = 6 \cdot 10^6$ we find the equilibrium velocity equal to the deduced value of U_e for $\frac{m_1}{m_2} = 3,6 \cdot 10^{-7}$, or for projectiles of the eighteenth magnitude, eight magnitudes fainter than the largest projectiles taken into account; projectiles smaller than this limit will diminish instead of increase the average rotational velocity; however, in formula (8) the influence of these fainter members is negligible and need not be taken into account. Small meteor particles, up to molecules and atoms, by their impacts will tend to slow down the acquired rotation, creating a sort of viscosity of the medium. The retardation, however, is considerable only when the mass which comes into contact with the surface of the meteor is considerable as compared with the mass of the

meteor. The maximum estimate of the amount of meteoric matter in Section a) of Paper II indicates that retardation (in $3 \cdot 10^9$ years) becomes important only for meteors of $R < 0.006$ cm, or from about the eleventh zenithal magnitude on. If ρ is the combined density of meteoric matter (dust) and gas in space, the total mass which is swept by a meteor in $3 \cdot 10^9$ years with velocity 60 km/sec is equivalent to a stone layer of $4 \cdot 10^{22} \rho$ cm depth. Estimates of the density of interstellar matter [$\rho \sim 10^{-26}$)] indicate that the mass is equivalent to a layer ~ 0.0004 cm, or that only meteors of the order of $R = 0.001$ cm may be affected. The conclusion is that only faint telescopic meteors may have experienced the influence of retardation, whereas naked-eye meteors are expected to maintain the considerable rotational momentum produced by collisions with relatively large particles.

For other sizes of meteors, the surface is proportional to R^2 , whereas the frequency of the projectiles of maximum size (in constant ratio to the mass of the meteor) varies as $\frac{1}{R^3}$ (with the adopted law of the frequency of meteor masses); the number of impacts of such projectiles thus varies as

$$K \sim \frac{1}{R}. \quad \text{Hence, by (8'),}$$

$$U_e = 3600 \sqrt{\frac{0.1}{R}} \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \quad \dots \quad (\text{Stone}) \quad (9),$$

$$\text{when } K = \frac{5,3,0,1}{R} = \frac{0,53}{R} > 1,$$

or for $R < 0.53$ cm. Thus, formula (9) is more or less valid for stone meteors fainter than zenithal magnitude — 3 (velocity 60 km/sec). On the other hand, there exists an upper limit of rotational velocity above which the body breaks from centrifugal force. For stone this upper limit may be set at $U_e \leq 1,1 \cdot 10^4$ cm/sec, for iron at $U_e \leq 5,5 \cdot 10^4$ cm/sec; the estimate depends upon the shape, for a given shape upon the ratio of tensile strength to density.

Thus, on the side of faint meteors, formula (9) is valid up to about $R = 0.01$ cm, or to about the 8-th zen. magnitude; below this limit, the rotational velocity may be assumed constant, equal to the maximum limits given above.

1) Gerasimovič and Struve, *Astroph. Journal* **69**, 7, 1929.

For large meteors, when $K < 1$, formula (8') loses its simple meaning; being mathematically valid in the sense that it still gives the quadratic mean velocity of rotation, the formula becomes inconvenient because the frequency of velocities is peculiar in this case: the distribution of rotational velocities is "one-sided", a few large velocities occurring among a great number of small velocities. Nevertheless, when K is not too small ($K > 0.1$), the inconvenience of using the quadratic mean is still insignificant (for our order-of-magnitude computations), whence it follows that our formula (9) applies satisfactorily even for stones of $R = 5$ cm, or up to about zenithal magnitude -10 . In other words, the formula applies for all the range of naked-eye meteors.

For iron meteors, the "integrity ratio", $\frac{m_1}{m_2}$ may be assumed four times larger than for stones [Paper I, (12)]; for equal radius, the mass is proportional to density; hence nine times larger projectiles are to be taken into account; their frequency is nine times smaller, or K must be taken smaller in the same ratio; we find that for equal radius, the average (mean quadratic) rotational velocity of iron meteors is $\frac{4}{\sqrt{9}} = \frac{4}{3}$ times larger than for stones or practically the same as for stone meteors of equal radius. Thus, for the order of magnitude, formula (9) remains valid also for iron meteors.

For the mean period of revolution we get, according to (9),

$$P = \frac{2\pi R}{u_0} = \frac{R^{\frac{3}{2}}}{1800} \dots \dots \text{(sec)} \dots \dots (10).$$

The so-called flickering meteor trails are very likely explained by rotation. For an average photographed meteor we may set $R \sim 1$ cm, whence theoretically $P = 1/1800$ sec. Let us consider for example the flickering trail studied by Olmsted¹⁾. Assuming the flickers to correspond to rotation, with an apparent angular velocity of the meteor from ten to forty degrees per second, the observed flickers must have had a period from $1/300$ to $1/1200$ of a second. The figures fall well within the expected order of magnitude.

December, 1935.

1) Margaret Olmsted, An Unusual Meteor Trail, Harvard Coll. Observ. Bull. No. 888, 16, 1932.

**THE T_iO COLOUR EFFECT, AND THE
DENSITIES OF M STARS**

BY

JACOB GABOVITS

TARTU 1936

Abstract.

The influence of *TiO* absorption on the colour of *M* type stars is discussed; the *TiO* correction increases rapidly with the advancing *M* spectrum, reaching the value 3,3 mag. for *M* 9.

The mean "true" colour indices of *M* giants and supergiants are computed; the colour indices of the supergiants are found to be about 0,46 mag. greater than those of the ordinary giants. From the general trend of the colour — absolute magnitude relationship between *GO* and *M*, supported by a few directly observed colours of *M* dwarfs, a constant difference of 0,33 mag. between the colours of dwarfs, and of ordinary giants, is assumed.

The average bolometric absolute magnitudes of *M* stars are calculated from the published visual absolute magnitudes corrected for *TiO* absorption. On the basis of an empirical linear relation of log mass to bolometric magnitude, the typical hypothetical masses of *M* dwarfs are computed. The mean radii and densities of *M* giants, as well as the data for stars having the greatest radii and smallest densities, are computed; radii greater than 300 times the sun's radius appear to be quite numerous.

The computed angular diameters of α Scorpii, α Orionis, and α Herculis are compared with those derived from stellar radiation measurements by Pettit and Nicholson, and with the diameters measured with the interferometer by Michelson and Pease, after correcting the latter for the limb darkening effect. The general agreement is satisfactory, except for the interferometer value of α Herculis. This discrepancy, requiring for its removal apparently a *TiO* correction equal to 80 per cent of the assumed value, is more probably due to the uncertainty in the colour index of this star, influenced by its *F* type companion.

The deviation from black body radiation revealed by the *M* type stars is almost entirely explained by *TiO* absorption.

With trigonometric parallaxes and hypothetical masses as a basis, the individual densities for 97 *M* dwarfs are calculated; the mean densities of these stars are found to be nearly equal to the sun's density over the whole spectral range from *M* 0 to *M* 5; the cosmic, or true, spread of the densities of *M* dwarfs apparently does not exceed ± 17 per cent; this value is remarkably small, indicating the great similarity of the internal structure of *M* dwarfs.

Such a small spread in density appears to be the best evidence of the reliability of our assumptions regarding the *TiO* colour effect, and the constancy of the difference between giant and dwarf colour indices.

The frequency curve of density logarithms of *M* dwarfs shows an excellent coincidence with a Gaussian error curve, representing more likely the error distribution, than the true distribution of density logarithms.

1. The *TiO* Colour Effect.

In a recent paper on The Densities of Visual Binary Stars¹ Öpik and Gabovitš considered the quantitative influence of *TiO* absorption on the colour, and the visual magnitude, of the *M* stars, in order to make the necessary correction to the density of the few *M* binaries found in their material. The following method was used: as the photographic magnitude (m_p) is less influenced by *TiO* absorption than the visual one, we may obtain the true effective temperature (T) of an *M* star from

$$m_p - m_b = \frac{36100}{T} + 10 \log T - 43.40 \dots (1),$$

where m_b denotes the bolometric magnitude; the constant is found empirically from *K* stars, for which *TiO* absorption is insignificant. We substitute the temperature calculated in such a manner in the formula given by Öpik² for the colour-temperature relation:

$$\frac{C_2}{T} = 1.47 C + 1.82 \dots (2),$$

where C is the colour index in a special system³, and $C_2 = 14300$; we thus obtain the "true" colour C' of an *M* star. The *TiO* correction is then $\Delta C = C' - C$, C being the observed colour. From 21 *M* stars of Pettit and Nicholson's⁴ list we found:

Table I.
Dependence of *TiO* Correction (ΔC) upon Spectrum.

Sp.	<i>M</i> 0	<i>M</i> 1	<i>M</i> 2	<i>M</i> 3	<i>M</i> 4	<i>M</i> 5	<i>M</i> 6
$\bar{\Delta C}$	0.14 (3)	0.15 (1)	0.25 (6)	0.48 (3)	0.70 (3)	1.32 (3)	1.47 (2)

The number of stars is given in parentheses. The values of ΔC actually used in the former publication were taken from

¹ J. Gabovitš and E. Öpik, *Publ. Tartu Obs.*, **28**, 3, 1935.

² E. Öpik, *Ap. J.*, **81**, 177, 1935.

³ E. Öpik, *Publ. Tartu Obs.*, **27**, 1, 1929.

⁴ E. Pettit and S. Nicholson, *Ap. J.*, **68**, 279, 1928; *Mt. W. Contr.*,

a smoothed curve*. Table II gives these values, extrapolated figures being given in brackets.

Table II.
Assumed Dependence of ΔC upon Spectrum.

Sp.	M 0	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9
ΔC	0.08	0.14	0.28	0.48	0.79	1.18	1.65	[2.2]	[2.8]	[3.3]

Thus we have to correct the observed colour and the visual absolute magnitude (M_v) of an M star in order to obtain the "true" data, C' and M'_v , as follows:

$$\begin{aligned} C' &= C + \Delta C \\ M'_v &= M_v - \Delta C \end{aligned} \quad (3).$$

In the above mentioned paper¹ the writers considered only $M 0 - M 6$ stars; there was no need to use the extrapolated figures. In order to test the validity of the extrapolated portion of the *TiO* colour correction curve, we added to the material considered by Öpik and Gabovitiš a few long period variables of late M type, for which the observed colour is given by Gerasimovič, Shapley, and Miss Cannon⁵, and which are present at the same time in Pettit and Nicholson's list. With the method described above we calculated the *TiO* correction for these stars; Table III shows the results.

Table III.
TiO Correction of Colour (ΔC) for Stars of Late M Type.

Star	Sp.	m_p	m_b	T	C'	C	ΔC
R Hya max.	M 6e	5.6	0.29	2430	2.8	1.1	1.7
X Oph max.	M 6e	7.6	1.87	2340	2.9	0.8	2.1
X Oph min.	M 7e	9.7	2.45	2060	3.5	0.9	2.6
R Hya min.	M 9e	11.0	1.18	1730	4.4	1.5	2.9
α Ceti min.	M 9e	10.4	0.90	1770	4.3	1.3	3.0

* 1, Fig. 1.

⁵ B. P. Gerasimovič and H. Shapley; Annie J. Cannon; *Harv. Bull.*, 872, 25, 28, 1930.

In Fig. 1 these individual values of ΔC are compared with our former curve; the agreement of these points with the extrapolated portion of the curve is excellent; the TiO correction of colour may now be regarded as well established over all the range of the M class.

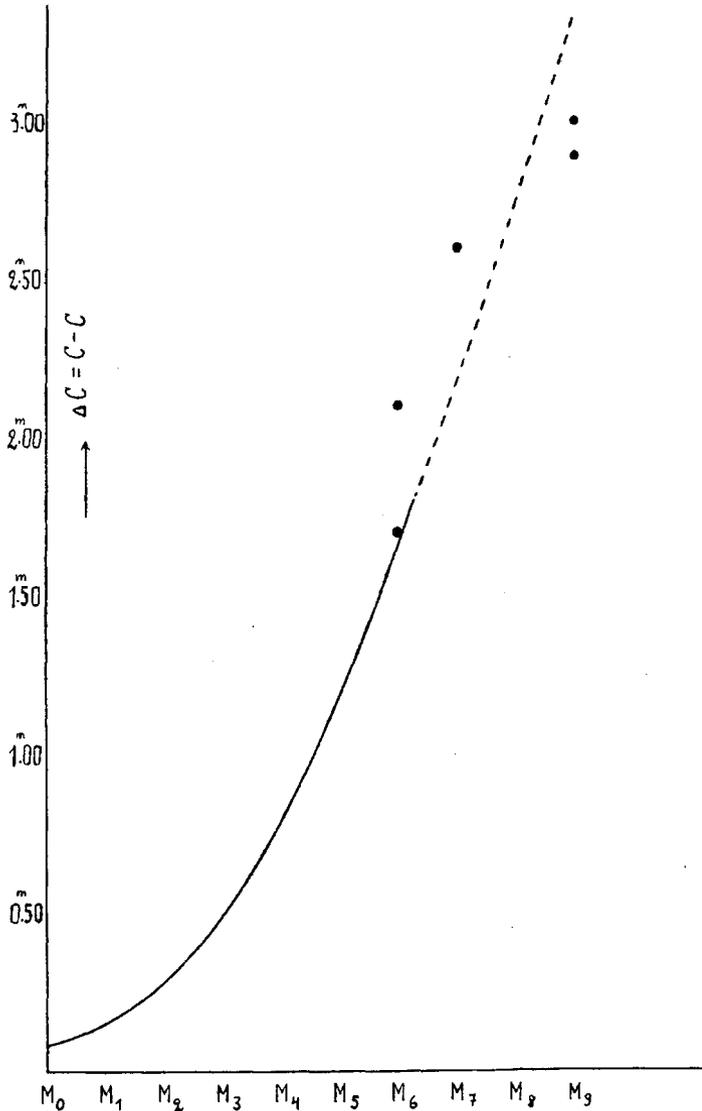


Fig. 1. The TiO correction of colour index (ordinates), as function of spectrum (abscissae).

2. The Spectral Systems.

As shown by Fig. 1, the TiO correction increases rapidly with the advancing M spectrum; a slight error in the spectrum produces a considerable error in the colour, and in the magnitude. Therefore, with the introduction of ΔC in the study of M stars, the knowledge of the exact spectral subdivision and the use of an uniform spectral system become of great importance.

In practice we have at our disposal two spectral systems for the M stars — the Mount Wilson, and the Victoria systems. From stars observed at both these observatories we derived the correlation between the two systems, as given by Tables IVa and IVb; n is the number of stars.

Table IVa.

Victoria Spectrum as Function
of Mt. W. Spectrum.

Mt. W.	Vict.	n
$M0$	$K 7.6$	16
$M1$	$M 0.3$	12
$M2$	$M 1.8$	25
$M3$	$M 2.9$	18
$M4$	$M 5.2$	6
$M5$	$M 6.1$	7
$M6$	$M 8.0$	2

Table IVb.

Mt. W. Spectrum as Function
of Victoria Spectrum.

Vict.	Mt. W.	n
$M0$	$M 1.2$	15
$M1$	$M 1.8$	9
$M2$	$M 2.2$	16
$M3$	$M 2.6$	7
$M4$	$M 3.0$	11
$M5$	$M 4.0$	5
$M6$	$M 4.5$	4
$M7$	$M 5.0$	2
$M8$	$M 5.7$	3

As shown by Fig. 2, the correlation between the two systems is practically linear. The full line there refers to Table IVa, the dotted one — to Table IVb.

Theoretically there seems to be some advantage in using the Victoria system in our study of M stars, because the ΔC -spectrum curve shows in this case a smaller slope than in the case of the Mt. W. spectrum. Nevertheless, in the present paper we decided to use the Mt. Wilson system exclusively, on account of the large and homogeneous material contained in the new Mt. W. catalogue⁶.

⁶ W. S. Adams, A. H. Joy, M. L. Humason, and A. M. Brayton, *Ap. J.*, **81**, 187, 1935; *Mt. W. Contr.*, No. 511.

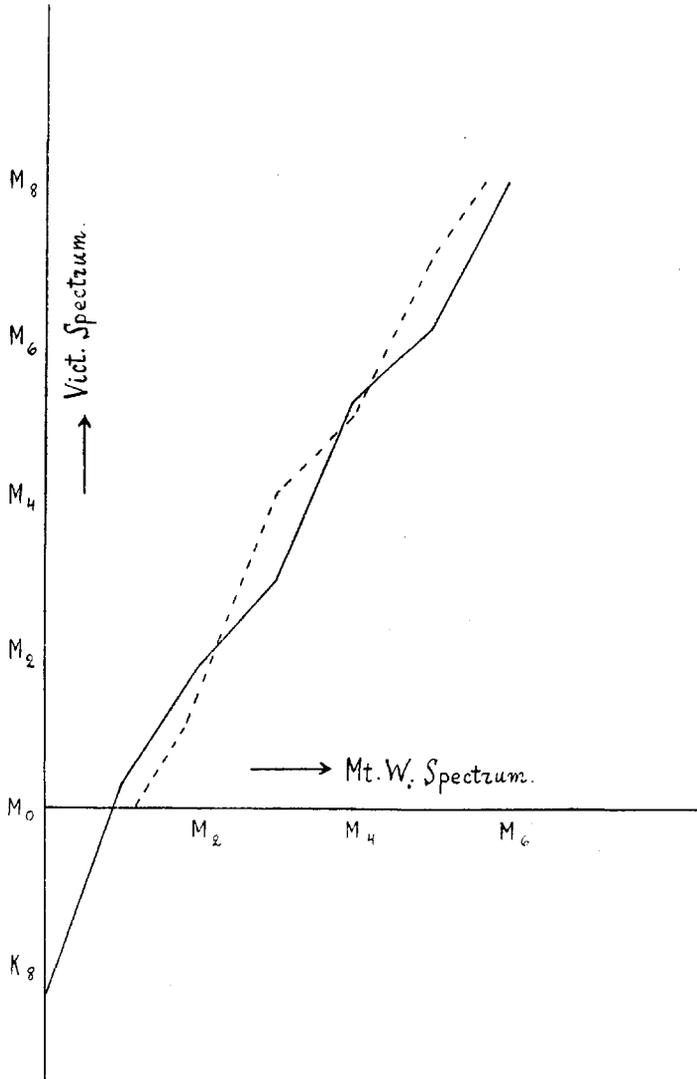


Fig. 2. Correlation of Victoria and Mt. Wilson spectral type for *M* stars.

3. The Colours of Giants and Supergiants.

For the computation of the correlation between colour and spectrum, we used the Catalogue of Colour Indices by Öpik³; the system of colour indices considered here is therefore Öpik's system.

The correlation between the "true" colour, and the spectrum is found by adding to the mean observed colour the *TiO* correction ΔC .

It is well known that the colour index of a certain spectral subdivision depends upon the absolute magnitude. We find that the colours of giant *M* stars fall into two groups: the giants, and the supergiants. The colour index of the latter is about 0.46 mag. greater than of ordinary giants.

The supergiants could be distinctly separated only among *M0* — *M2* stars (cf. Section 5 below).

Table V contains the computed averages. The fourth column gives the number of stars; the fifth column — the probable error $\pm \frac{\Delta_0}{\sqrt{n}}$ of the average colour index, where $\Delta_0 = \pm 0.10$ is the computed probable deviation of one colour index from the mean of the given spectral subdivision; the sixth column — the true effective temperature computed from formula (2).

Table V.

Dependence of Observed (*C*), and Corrected (*C'*) Colour upon Spectrum.

Sp.	\bar{C}	<i>C'</i>	<i>n</i>	$\frac{\Delta_0}{\sqrt{n}}$	<i>T</i>
Giants					
<i>M0</i>	1.63	1.71	23	+0.02	3300
<i>M1</i>	1.65	1.79	12	+0.03	3220
<i>M2</i>	1.72	2.00	23	+0.02	3000
<i>M3</i>	1.70	2.18	23	+0.02	2850
<i>M4</i>	1.53	2.32	15	+0.03	2740
<i>M5</i>	1.40	2.58	6	+0.04	2550
<i>M6</i>	1.30	2.95	4	+0.05	2320
Supergiants					
<i>M0</i>	2.08	2.16	2	+0.07	2860
<i>M1</i>	2.10	2.24	2	+0.07	2800
<i>M2</i>	2.20	2.48	3	+0.06	2620

Fig. 3 represents the spectrum-colour correlation graphically; the full lines correspond to the corrected colour, the broken ones — to the observed colour; the upper curves refer to the supergiants, the lower ones — to the ordinary giant stars. As

shown by the graphs, the change in the spectrum-colour curve produced by the TiO correction is enormous.

It may be interesting, after finding the correlation between

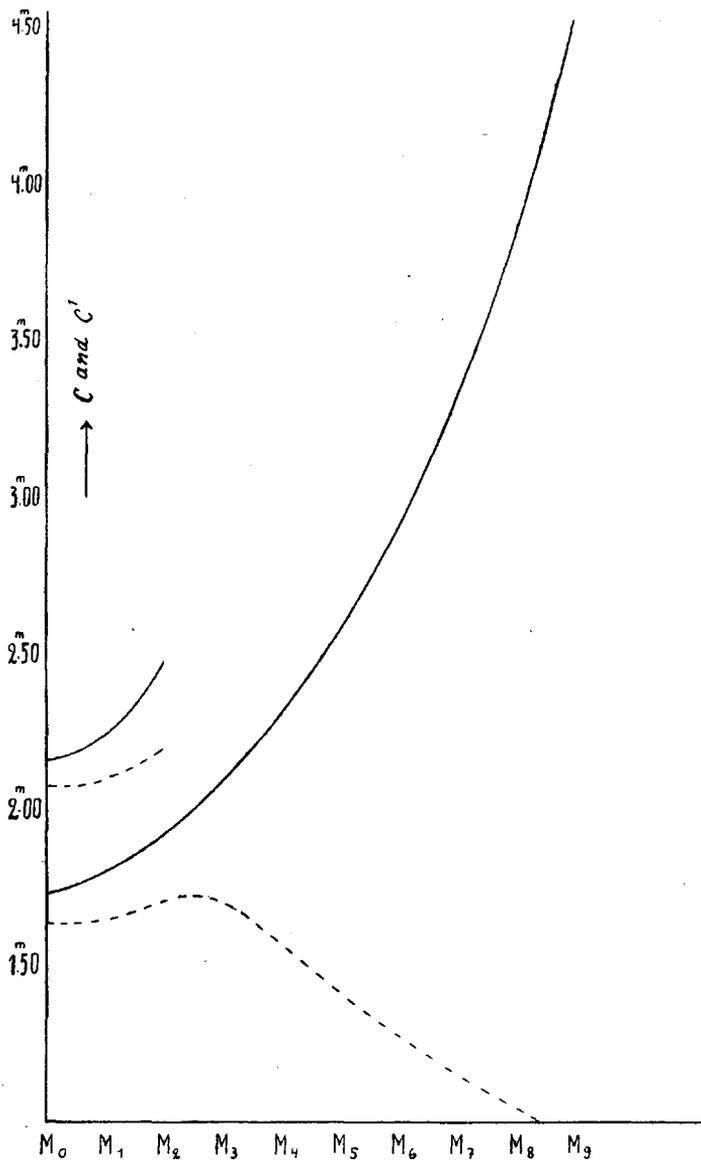


Fig. 3. Colour — spectrum diagrams of M giants. Full lines — with TiO correction; broken lines — without the correction. The upper pair of curves refers to supergiants, the lower pair — to "ordinary" giants.

corrected colour and spectrum for the M stars, to trace a curve representing the same correlation for a greater spectrum interval. This correlation is given by Fig. 4, the upper branch referring to ordinary giant stars, the lower branch, to dwarf stars. A remarkable feature is the small change of colour in the region $G0-K0$, and the much more rapid change in the later spectra.

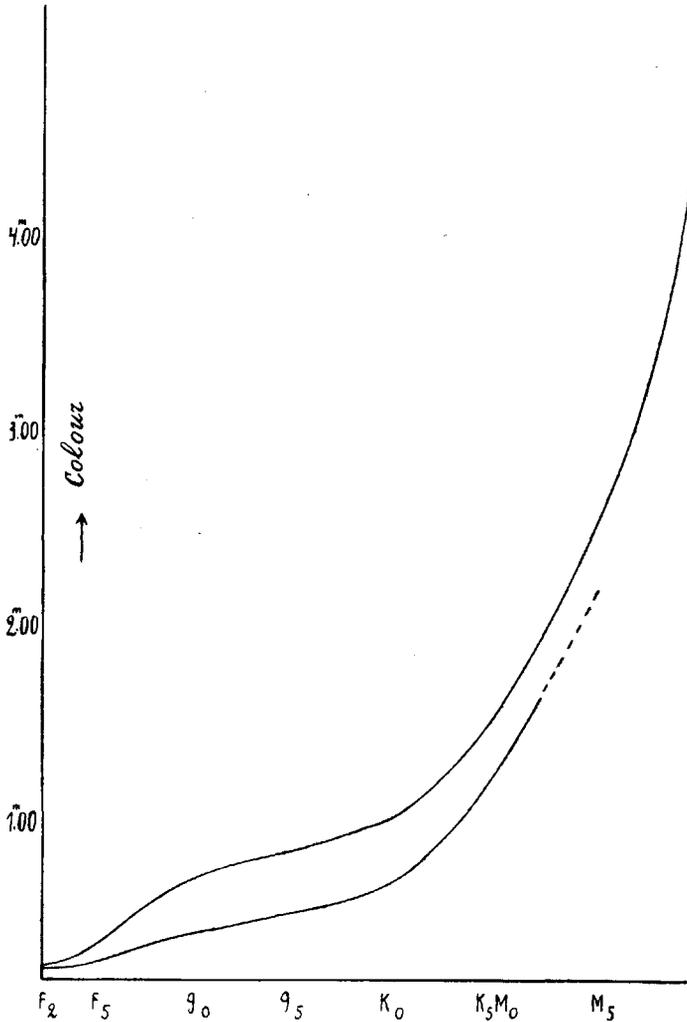


Fig. 4. General colour-spectrum diagram, with TiO correction for the M stars.
Upper curve — giants, lower curve — dwarfs.

The data for colour indices of F and G stars are taken from³, Table 37; although the spectral data there are from Mt. W. Contr. 199, a recomputation with the new Mt. Wilson spectra would hardly make any difference. For the K stars, however, it might be advisable to recompute the mean colour indices, taking into account the slight modification in the new Mt. Wilson classification, where the giant series runs $K5$, $M0$, $M1$, etc., while for the dwarfs is given an intermediate group $K6$. Actually we excluded group $K6$ from the present graph.

4. The Colour of Dwarfs.

Whereas for the M giants we have a comparatively great number of individual colours at our disposal, the observational data for M dwarfs are rather scarce. Table VI contains the individual colour indices of the few M dwarfs, present in Öpik's catalogue.

Table VI.
Individual Colour Indices of M Dwarfs.

H. D. Sp.	88230 $M0$	107596 $M0$	201092 $M0$	(Cin 1885) $M0$	95735 $M2$	119850 $M2$
C	1.36	1.23	1.52	1.26	1.45	1.32

On the basis of such incomplete data we can hardly decide on the nature of the spectrum-colour curve for dwarfs in the region $M0—M5$. However, it seems to be possible to obtain a sufficiently reliable guess for the mean colour indices of M dwarfs in another manner.

As shown by Fig. 4, the difference between the colours of giants and dwarfs increases until $G0$ is reached; from here on, the difference is about constant (at least the variation is very small, from 0.30 to 0.36 mag.). This indicates a nearly constant difference of the reciprocal temperature in the region $G0—M2$, the temperature of giants being lower.

The best thing we can do is to suppose that this constant difference in colour between ordinary giants and dwarfs persists also in the region $M2—M5$. For the constant difference in

the colour index we assume the value 0.33, over the whole interval $G0 - M5$.

As to the *TiO* correction, although the data for ΔC are derived mostly on the basis of giant stars, we assume for M dwarfs the same *TiO* effect; it seems to be the best assumption possible, taking into account that the strength of the *TiO* bands is the only criterion of the spectral classification of M stars, both of giants and of dwarfs.

Thus, we may obtain at once the corrected average colour of M dwarfs by subtracting the constant value 0.33 from the average corrected colour of giants. Table VII shows these values.

Table VII.

Assumed Mean Corrected Colour Indices of M Dwarfs.

Sp.	$M0$	$M1$	$M2$	$M3$	$M4$	$M5$
C	1.33	1.46	1.67	1.85	1.99	2.25

The broken line in Fig. 4 represents this guessed portion of the spectrum-colour correlation.

5. The Visual Absolute Magnitude of Giants and Supergiants.

Table VIII contains average absolute magnitudes \overline{M}_v of the giant M stars of the Mt. Wilson catalogue⁶ after applying Van Rhijn's corrections⁷; $M'_v = \overline{M}_v - \Delta C$ is the average absolute magnitude corrected for *TiO* absorption.

The fourth column contains the number of stars; the fifth, the probable error of the mean absolute magnitude. This probable error cannot be based on the supposed individual accuracy of the spectroscopic magnitudes; each spectroscopic magnitude contains a zero point accidental error, depending upon the number of proper motion stars upon which the calibration curve of the spectroscopic absolute magnitudes is based. Thus, in estimating the probable error of the mean, we must take as the basis the individual accuracy of an absolute magnitude determined from

⁷ P. J. van Rhijn, *M. N.*, **92**, 744, 1932.

Table VIII.

Mean Observed (\bar{M}_v) and Corrected (M'_v) Visual Absolute Magnitudes of M Giants.

Sp.	\bar{M}_v	M'_v	n	p. e.
Giants				
M_0	-0.26	-0.34	75	± 0.16
M_1	-0.20	-0.34	52	± 0.19
M_2	-0.38	-0.66	63	± 0.18
M_3	-0.62	-1.10	57	± 0.19
M_4	-0.64	-1.43	43	± 0.21
M_5	-0.57	-1.75	21	± 0.30
M_6	-0.62	-2.27	12	± 0.40
M_7	-0.7	-2.9	1	± 1.4
Supergiants				
M_0	-2.82	-2.90	8	± 0.50
M_1	-2.78	-2.92	4	± 0.70
M_2	-3.11	-3.39	8	± 0.50

proper motion alone. Actually we assumed for the p. e. the value $\pm \frac{1.4}{\sqrt{n}}$ magnitudes.

The supergiants can be distinctly separated from ordinary giants only in the spectrum interval $M_0 - M_2$; on account of the TiO correction, ordinary giants of later spectra get supergiant corrected absolute magnitudes; also, in the Mt. Wilson list, there are no M giants later than M_2 whose luminosity considerably exceeds the general mean for the same spectral subdivision.

6. The Bolometric Magnitudes and Masses.

For the actual range of temperatures considered here we replace the member $10 \log T$ in formula (1) successfully by a linear expression; then we get from (1) and (2) the bolometric absolute magnitude (M_B) as function of the visual absolute magnitude and the colour as follows:

$$M_B = M'_v - 1.25 C + 1.09 \dots \dots (4).$$

For the mean masses of giant stars we used Eddington's mass-luminosity relation. Table IX contains the values found for the bolometric absolute magnitudes as computed from (4) and the mass logarithms of giant stars.

Table IX.

Mean Bolometric Absolute Magnitudes (M_B) and Hypothetical Mass Logarithms ($\log \mu$) of M Giants.

Sp.	M_B	$\log \mu$
Giants		
<i>M</i> 0	- 1.39	0.86
<i>M</i> 1	- 1.49	0.89
<i>M</i> 2	- 2.07	1.01
<i>M</i> 3	- 2.73	1.15
<i>M</i> 4	- 3.24	1.27
<i>M</i> 5	- 3.89	1.42
<i>M</i> 6	- 4.87	1.68
<i>M</i> 7	- 5.93	1.95
Supergiants		
<i>M</i> 0	- 4.51	1.55
<i>M</i> 1	- 4.63	1.58
<i>M</i> 2	- 5.40	1.78

As to the M dwarfs, Öpik and Gabovič have pointed out¹ that the empirical \log mass — bolometric magnitude relation seems to be nearly linear. Using the photographic determinations of masses given by Huffer⁸ and the trigonometric parallaxes from Schlesinger's⁹ new catalogue, we find this linear relation to be

$$\log \mu = 0.647 - 0.133 M_B \dots \dots (5).$$

From (4) and (5) we computed the typical bolometric absolute magnitudes and masses of M dwarfs, using the mean corrected visual absolute magnitudes and the data for colour indices given by Table VII. Table X gives the computed values.

Table X.

Typical Bolometric Absolute Magnitudes, and Hypothetical Masses of M Dwarfs.

Sp.	<i>M</i> 0	<i>M</i> 1	<i>M</i> 2	<i>M</i> 3	<i>M</i> 4	<i>M</i> 5
M_B	7.62	7.90	8.10	8.26	8.36	9.02
μ	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.28

⁸ R. Huffer, *Ap. J.*, **80**, 269, 1934.

⁹ F. Schlesinger, L. F. Jenkins, *General Catalogue of Stellar Parallaxes*, Yale Univ. Obs., 1935.

As shown by the data, the mass decreases slightly with the advancing M spectrum; it may be remarked that the TiO correction makes the decrease of the mass considerably smaller than it would be without this correction.

7. The Radii and Densities of Giants and Supergiants.

For the radius (R) of a star we have the following equations (in units of the sun):

$$\log R = 0.5 \log J + 0.5 \log \frac{E_{\odot}}{E} \dots \dots \dots (6),$$

$$\log J = 0.4 (M_{\odot} - M_v) \dots \dots \dots (7),$$

$$\text{and } \log \frac{E_{\odot}}{E} = \frac{C_2}{\lambda} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\odot}} \right) \log e \dots \dots \dots (8),$$

(neglecting the member -1 in Planck's formula (8), which is permissible in the case of M stars). $M_{\odot} = 4.85$; $T_{\odot} = 5810^{\circ}$ (assumed); $C_2 = 14300$; $\lambda = 0.56$; the equations (2), (6), (7), and (8) give us for the radius

$$\log R = 0.570 C' - 0.2 M'_v + 0.722 \dots \dots \dots (9).$$

For the density (ρ) we have the simple relation

$$\log \rho = \log \mu - 3 \log R \dots \dots \dots (10),$$

Table XI.
Mean Radii and Densities of M Giants.

Sp.	$\log R$	$R (\odot = 1)$	$\rho (\odot = 1)$	p. e.
Giants				
M_0	1.765	58.2	$3.7 \cdot 10^{-5}$	± 0.048
M_1	1.810	64.6	$2.9 \cdot 10^{-5}$	± 0.057
M_2	1.994	98.6	$1.1 \cdot 10^{-5}$	± 0.051
M_3	2.184	153	$4.0 \cdot 10^{-6}$	± 0.053
M_4	2.329	213	$1.9 \cdot 10^{-6}$	± 0.061
M_5	2.542	348	$6.0 \cdot 10^{-7}$	± 0.078
M_6	2.858	721	$1.3 \cdot 10^{-7}$	± 0.103
M_7	3.182	1520	$2.5 \cdot 10^{-8}$	—
Supergiants				
M_0	2.532	340	$9.0 \cdot 10^{-7}$	± 0.121
M_1	2.583	383	$6.8 \cdot 10^{-7}$	± 0.166
M_2	2.812	649	$2.2 \cdot 10^{-7}$	± 0.118

where $\log \mu$ is given by Table IX, and $\log R$ determined by (9). In Table XI are given the mean values of radii and densities, computed from (9) and (10).

The probable error of the mean logarithm of radius, as given in the fifth column, is computed from

$$p. e. = + \sqrt{\frac{(0.57 \Delta_{oc})^2}{n_c} + \frac{(0.2 \Delta_{0M})^2}{n_M}}$$

where Δ_{oc} and Δ_{0M} (values given above) denote the probable deviations of individual colour and absolute magnitude respectively, n_c and n_M — the numbers of colours and absolute magnitudes; for the probable deviation of an individual $\log R$ we have

$$\Delta_0 = \pm \sqrt{(0.57 \Delta_{oc})^2 + (0.2 \Delta_{0M})^2} = + 0.286.$$

Table XII.

Stars Having the Greatest Radii and the Smallest Densities.

Star	α_{1900}		δ_{1900}	m	Sp.	C	IC	C'	M_V	M_B	Mass	Radius		Density
	h	m										Sun=1 A.U.		
182917	19	21.9	+50 ⁰ 3'	7.1	M 7	1.1	2.2	3.3	-2.9	-5.93	88.7	1520	7.07	2.51 · 10 ⁻⁸
α Her	17	10.1	+14 30	3.6	M 5	1.57	1.26	2.83	-3.86	-6.31	104.7	1280	5.94	5.00
μ Cep	21	40.4	+58 19	4.4	M 2	2.42	0.28	2.70	-4.08	-6.37	106.4	1200	5.58	6.21
α Ori	5	49.8	+ 7 23	0.9	M 2	1.98	0.27	2.25	-5.07	-6.79	128.2	1040	4.84	1.13 · 10 ⁻⁷
119 Tau	5	26.3	+18 31	4.7	M 2	2.21	0.28	2.49	-4.28	-6.30	99.8	995	4.62	1.01
178770	19	4.8	+39 0	7.6	M 6	1.30	1.65	2.95	-2.95	-5.55	69.0	984	4.57	7.24 · 10 ⁻⁸
α Sco	16	23.3	-26 13	1.5	M 1	2.11	0.15	2.26	-4.75	-6.48	107.4	914	4.25	1.41 · 10 ⁻⁷
33664	5	6.7	-11 58	5.9	M 6	1.30	1.65	2.95	-2.75	-5.35	61.8	897	4.17	8.55 · 10 ⁻⁸
139216	15	31.8	+15 26	6.8	M 6	1.21	1.65	2.86	-2.95	-5.44	64.3	875	4.06	9.59
1760	0	16.7	-20 37	5.6	M 6e	1.30	1.65	2.95	-2.55	-5.15	55.3	818	3.80	1.01 · 10 ⁻⁷
101153	11	33.3	+ 8 41	5.5	M 6	1.66	1.65	3.31	-1.45	-4.50	40.6	792	3.68	8.17 · 10 ⁻⁸
30 Her	16	25.4	+42 6	5.0	M 6	1.24	1.65	2.89	-2.55	-5.07	52.6	759	3.53	1.21 · 10 ⁻⁷
14488	2	15.3	+56 39	8.7	M 6	1.30	1.65	2.95	-2.25	-4.85	47.0	713	3.41	1.30
163990	17	53.9	+45 23	6.2	M 6	1.30	1.65	2.95	-2.05	-4.65	42.2	650	3.02	1.54
88517	10	7.4	- 9 49	8.5	M 6	1.30	1.65	2.95	-2.05	-4.65	42.2	650	3.02	1.54
56 Leo	10	50.8	+ 6 43	6.0	M 5	1.22	1.43	2.65	-2.73	-4.96	48.2	601	2.80	2.22
7861	1	13.2	+55 48	8.9	M 6	1.30	1.65	2.95	-1.65	-4.25	34.3	541	2.52	2.17
14404	2	14.5	+57 24	8.6	M 2	2.20	0.28	2.48	-2.98	-4.99	48.0	538	2.50	3.08
202380	21	10.2	-59 41	7.1	M 2	2.20	0.28	2.48	-2.78	-4.79	43.1	491	2.28	3.64
49331	6	42.8	- 8 53	5.3	M 0	2.08	0.08	2.16	-3.68	-5.29	54.0	488	2.27	4.66
R Lyr	18	52.3	+43 49	4.3	M 5	1.22	1.28	2.50	-2.58	-4.61	39.2	460	2.15	4.02
168574	18	15.4	-24 58	6.4	M 5	1.40	1.18	2.58	-2.28	-4.41	35.6	445	2.07	4.05
45 Ari	2	50.2	+17 56	5.9	M 6	1.07	1.59	2.66	-1.99	-4.22	32.6	434	2.02	4.00
35601	5	20.8	-29 50	8.0	M 0	2.08	0.08	2.16	-3.38	-4.99	45.8	425	1.98	5.98
δ^2 Lyr	18	51.0	+36 46	4.5	M 4	1.53	0.79	2.32	-2.89	-4.70	40.1	419	1.95	5.46
44537	6	17.2	+49 20	5.4	M 0	2.14	0.08	2.22	-2.88	-4.57	36.9	366	1.70	7.50
213310	22	25.4	+47 12	4.6	M 0	2.01	0.08	2.09	-3.18	-4.70	38.8	355	1.65	8.69
60414	7	29.2	-14 18	5.4	M 3e	1.70	0.48	2.18	-2.78	-4.41	33.7	331	1.54	9.29

In addition, it may be of some interest to compute the individual data for stars having the greatest radii and smallest densities. Table XII contains the results of this computation. The columns of this table give: (1) the name or H. D. number of the star; (2) and (3) right ascension and declination for 1900; (4) the H. D. apparent visual magnitude; (5) the Mt. Wilson spectrum; (6) the apparent colour index; observed values⁸ are in italics; (7) the *TiO* correction; observed individual data¹ for *AC* are in italics; (8) the corrected colour index; (9) the corrected absolute visual magnitude; (10) the bolometric absolute magnitude; (11) the hypothetical mass; (12) the radius in units of the sun; (13) the radius in astronomical units; (14) the density (sun = 1).

As shown by the data in Tables XI and XII, radii greater than 300 times the sun's radius appear to be quite numerous in our lists; a great number of long period variable stars, not considered here, must doubtlessly possess radii and densities of the same order of magnitude.

8. Comparison with Other Results.

It might be interesting to compare our theoretical data with the results obtained from two different methods: stellar radiation measurements by Pettit and Nicholson⁴, and interferometer measurements of stellar diameters by Michelson and Pease¹⁰. There are only three stars with measured interferometer diameters available for comparison.

In Table XIII, column five, are computed the angular diameters of these three stars, from the equation

$$\log D = 0.57 C' - 0.2 m'_v - 2.31 \quad . \quad . \quad . \quad (11),$$

deduced from (9), by assuming $D_{\odot} = 1922''.4$; m'_v is the apparent visual magnitude, corrected for *TiO* absorption.

Pettit and Nicholson computed diameters by two independent methods — the “water-cell absorption” (the fraction of radiation absorbed by the water-cell), and the “heat-index” (visual minus radiometric magnitude). As follows from the considerations in this paper, the “heat-index” must be also

¹⁰ A. Michelson and F. Pease, *Mt. W. Contr.*, No. 203, 1922; also⁴, Table VI.

Table XIII.
Comparison with Interferometer Data.

Star	Sp.	m'_v	C'	D i a m e t e r					
				Computed from equation (11)	Michelson and Pease		Pettit and Nicholson		
					Assuming an uniformly illuminated disk	Corrected for limb darkening	From water-cell absorption	From apparent heat index	From corrected heat index
α Scorpii	M 1	$\frac{m}{1.38}$	$\frac{m}{2.26}$	0".050	(0".040)	0".049	0".062	(0".065)	0".061
α Orionis	M 2	$\frac{m}{0.65}$	$\frac{m}{2.25}$	0 .069	(0 .047)	0 .057	0 .071	(0 .076)	0 .069
α Herculis	M 5	$\frac{m}{2.22}$	$\frac{m}{2.83}$	0 .070	(0 .030)	0 .038	0 .065	(0 .090)	0 .060

corrected for *TiO* absorption; contrary to what happens with the "ordinary" colour-index, the apparent "heat-index" yields evidently a temperature systematically too low; numerically, the "heat-index" must be corrected by subtracting ΔC (cf. Table II) from the figures published by Pettit and Nicholson.

As shown by columns 5, 8, and 10 of Table XIII, the agreement between the "water-cell", the "corrected heat-index", and our computed diameters is excellent.

It may be added that the "water-cell absorption", depending upon a wide portion of the spectrum (λ 0.4 — 1.4 μ), must be influenced by *TiO* absorption in much less a degree than the narrow visual portion of the spectrum. Further, we notice that for α Herculis the diameter computed from the "heat-index" is led to agreement with the two other methods only after applying the *TiO* correction (cf. Table XIII, columns 9, and 10).

As to the diameters, measured with the interferometer, they were derived on the assumption of an uniformly illuminated disk. However, the stars considered possess undoubtedly a limb darkening; an application of Wien's law in connection with the theory of radiative equilibrium shows that the darkening of these stars in the visual region λ 0.56 μ must be the same as for the wave-lengths $\lambda\lambda$ 0.27, 0.27, and 0.23 respectively in the sun. From Lindblad's theoretical considerations¹¹, confirmed by observations for longer wave-lengths, it follows that the limb darkening for these wave-lengths, at a distance 0.95

¹¹ B. Lindblad, *Uppsala Univ. Årsskrift* 1920, Mat. 1, page 22.

from the centre (the intensity of the centre = 1), is 0.226, and 0.178; these values correspond to $n = 0.64$, and 0.74 in the darkening formula adopted by Michelson and Pease¹⁰. Hence, according to tables given by these authors, the published interferometer results must be increased by 21, and 25 per cent respectively. The measured diameters, corrected for limb darkening, are given in Table XIII, column seven. As shown by the data in columns 5, and 7, the agreement for the two first stars is quite satisfactory. As to α Herculis, the discrepancy is sensible; a reduction of the assumed TiO correction by 20 per cent (or taking 80 per cent of the assumed correction) would have given perfect agreement*; such a single fact, however, cannot be regarded as a sufficient reason for introducing a systematical correction.

The difference for α Herculis may be entirely due to the uncertainty in colour index of this star, influenced by its F type companion; taking instead of the individual colour of α Herculis the mean corrected colour index for spectrum $M5$, 2.58 mag., the result would have yielded a better agreement, the ratio $D_{comp.} : D_{interf.}$ being then 1.26 only, instead of 1.82 in the first case.

9. The M Giant Stars as Black Body Radiators.

In the above mentioned paper on Stellar Radiation⁴ Pettit and Nicholson pointed out the considerable deviations from black body radiation for M stars, ascribing it to TiO absorption. As will be shown below, their view seems to be correct; in fact, TiO absorption accounts almost entirely for all the observed deviations.

In Figure 5 the corrected "heat-indices" (cf. preceding section) of the M giant stars in Pettit and Nicholson's list are plotted against the observed "water-cell absorption". The increasing "water-cell absorption" corresponds to a decreasing temperature, i. e., to an advancing M spectrum. The full line represents the theoretical black body curve (for λ 0.555; cf.⁴, Table IV). As to the long period variables at minimum, their

* Without TiO correction the diameter becomes 0".008, or one-fifth of the observed value; this shows how important the introduction of the TiO correction is, especially for the later M stars.

exact spectral class is mostly unknown. In order to obtain the necessary *TiO* correction for these stars, we assumed, on the basis of known cases, their spectra to be about three spectral subdivisions later than the spectra at maximum; on Figure 5 these stars are represented by open circles.

Figure 5 shows an unexpectedly satisfactory agreement between the empirical "corrected heat-index" — "water-cell absorption" curve, and the theoretical one. The large deviation from the theoretical curve, found by Pettit and Nicholson

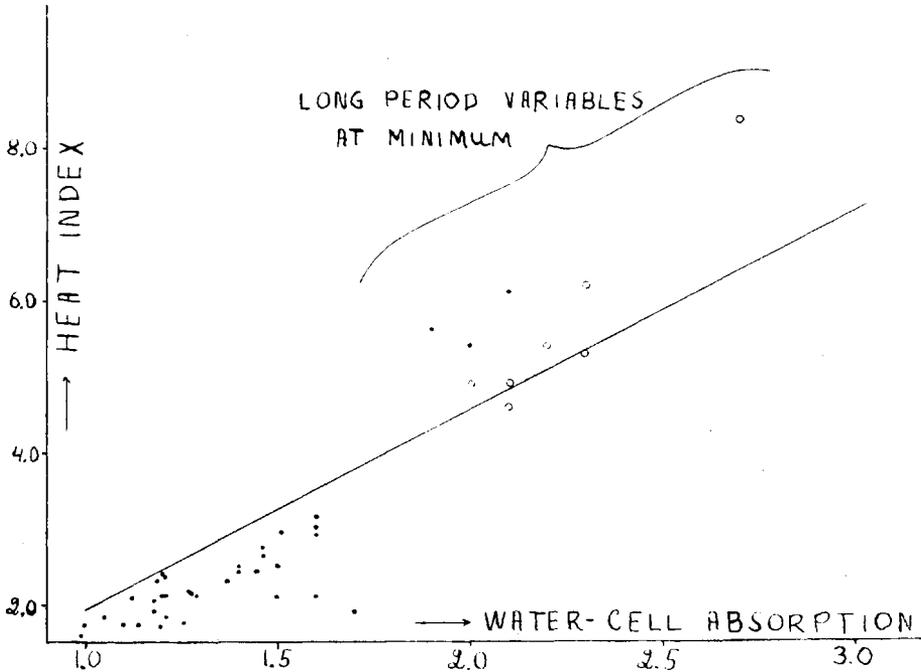


Fig. 5. Correlation of "corrected heat index" and "water-cell absorption" for *M* stars. The full line represents the theoretical black body curve (λ 0.555).

for *M* stars, practically disappears. Remarkable is, however, the systematical negative deviation of the "heat index" for the hotter *M* type stars, and the opposite effect for the lower temperatures.

10. The Densities of Dwarf Stars.

From equations (4), (5), (9), and (10) we get for the density of an *M* dwarf:

$$\log \rho = 0.467 m_p + 2.335 \log \pi - 2.010 C' + 0.671 \dots \dots (12).$$

Table XIV*.
Individual Densities of *M* Dwarfs.

Star	α 1900	δ 1900	Sp.	m_p	$\pi \pm \Delta \pi$	$\log \varrho$	$\varrho (\odot = 1)$
<i>ADS</i> 48 <i>B</i>	0 0.4	+45° 16'	<i>M</i> 0	10.6	0".089 ± 0".005	0.39	2.46
20 <i>C</i> 16	11.8	+40 23	<i>M</i> 0	10.1	.083	9	0.08
<i>ADS</i> 246 <i>A</i>	12.7	+43 27	<i>M</i> 3	9.5	.284	5	0.12
" " <i>B</i>	12.7	+43 27	<i>M</i> 5	11.6	.284	5	0.29
<i>ADS</i> 433—440 <i>A</i>	26.3	+66 42	<i>M</i> 3	10.9	.103	7	-0.26
Boss 168 <i>B</i>	43.0	+57 17	<i>M</i> 0	8.7	.182	5	0.23
<i>C</i> 142	1 0.4	+63 24	<i>M</i> 1	10.2	.068	5	-0.23
<i>C</i> 238	36.8	+63 20	<i>M</i> 0	9.5	.071	7	-0.35
<i>C</i> 251	48.0	-22 56	<i>M</i> 0	10.2	.081	8	0.11
Boss 617 <i>B</i>	2 37.4	+48 48	<i>M</i> 3	11.2	.078	5	-0.41
<i>ADS</i> 2218 <i>B</i>	49.7	+26 28	<i>M</i> 1	10.9	.059	9	-0.04
<i>C</i> 404	3 1.2	+1 36	<i>M</i> 0	10.2	.058	6	-0.23
<i>C</i> 499	38.2	+68 21	<i>M</i> 0	10.5	.054	9	-0.16
<i>C</i> 554	4 2.2	-21 6	<i>M</i> 0	10.4	.064	11	-0.04
Boss 984 <i>C</i>	10.8	-7 49	<i>M</i> 5e	12.1	.202	3	0.17
<i>C</i> 594	29.8	+52 42	<i>M</i> 1	10.0	.092	7	-0.02
Comp. Boss 1246	5 10.0	+45 44	<i>M</i> 2	11.9	.075	4	0.24
<i>C</i> 705	26.4	-3 42	<i>M</i> 3	10.2	.168	4	-0.10
<i>C</i> 771	6 6.4	-21 49	<i>M</i> 2	10.1	.183	6	0.30
20 <i>C</i> 393	31.5	+17 38	<i>M</i> 1	10.9	.100	5	0.50
<i>C</i> 837	49.5	+40 13	<i>M</i> 0	9.8	.031	4	-1.05
20 <i>C</i> 418	7 13.0	+33 2	<i>M</i> 2	11.5	.048	9	-0.40
Boss 1979 <i>C</i>	28.2	+32 5	<i>M</i> 1e	10.4	.073	3	-0.06
20 <i>C</i> 475	8 27.4	+67 38	<i>M</i> 0	10.6	.084	7	0.33
20 <i>C</i> 490	43.0	+36 53	<i>M</i> 1	11.9	.028	9	-0.34
<i>ADS</i> 7067 <i>A</i>	46.0	+71 11	<i>M</i> 1	10.7	.093	4	0.32
" " <i>B</i>	46.0	+71 11	<i>M</i> 1	10.9	.093	4	0.42
Boss 2404 <i>B</i>	52.4	+48 26	<i>M</i> 1	12.1	.067	12	0.64
Boss 2469 (<i>A</i>)	9 7.6	+53 7	<i>M</i> 0	9.4	.162	3	0.44
Boss 2470 (<i>B</i>)	7.6	+53 7	<i>M</i> 0	9.4	.162	3	0.44
20 <i>C</i> 532	25.8	+36 46	<i>M</i> 2	11.6	.065	7	-0.04
<i>C</i> 1167	46.2	-11 49	<i>M</i> 2	11.3	.076	5	0.02
20 <i>C</i> 553	48.8	+63 16	<i>M</i> 1	10.5	.065	7	-0.14
<i>C</i> 1218	10 5.3	+49 58	<i>M</i> 0	8.2	.220	8	-0.18
<i>C</i> 1225	7.5	+53 1	<i>M</i> 0	10.6	.045	9	-0.30
<i>C</i> 1244	14.2	+20 22	<i>M</i> 4e	10.9	.193	8	0.10
<i>C</i> 1246	15.7	-0 58	<i>M</i> 0	10.2	.043	11	-0.53
20 <i>C</i> 582	25.5	+46 3	<i>M</i> 1	10.2	.048	13	-0.58
Boss 2935	57.9	+36 38	<i>M</i> 2	9.0	.388	6	0.01
<i>C</i> 1349	11 0.5	+44 2	<i>M</i> 2	10.1	.174	8	0.26
<i>ADS</i> 8083 <i>A</i>	5.6	+31 0	<i>M</i> 1	10.2	.081	7	-0.05
" " <i>B</i>	5.6	+31 0	<i>M</i> 2	11.8	.081	7	0.27
<i>C</i> 1364	6.4	-14 26	<i>M</i> 0	10.6	.058	11	-0.04
<i>C</i> 1383	14.8	+66 23	<i>M</i> 1	10.7	.120	5	0.58
20 <i>C</i> 695	12 14.4	+28 56	<i>M</i> 2	11.6	.051	9	-0.28
<i>C</i> 1551	16.9	+42 42	<i>M</i> 0	10.4	.070	13	0.19
20 <i>C</i> 713	26.3	+9 22	<i>M</i> 1	11.1	.050	10	-0.12
<i>C</i> 1633	45.6	-0 13	<i>M</i> 0	10.0	.099	8	0.22
<i>C</i> 1661	55.2	-2 10	<i>M</i> 0	10.8	.063	10	0.14

* For the meaning of the abbreviations in column 1 cf. 6.

Table XIV. Continued.

Star	α 1900	δ 1900	Sp.	m_p	$\pi \pm \Delta \pi$	$\log \rho$	$\rho (\odot = 1)$		
	h	m							
ADS 8861 A	13	14.9	+35 ⁰ 40'	M 1	10.9	0''.086+0''.009	0.34	2.19	
AD 8887 A		18.9	+29 45	M 0	10.8	.067	11	0.20	1.58
C 1784		40.2	+18 20	M 1	10.4	.084	10	0.08	1.19
C 1786		40.7	+15 26	M 2	9.9	.191	8	0.40	2.49
ADS 9090 B		58.5	+46 49	M 4	10.8	.079	6	-0.86	0.14
C 1885	14	17.6	+30 6	M 0	9.9	.073	10	-0.06	0.88
β GC 6869 A		21.1	+24 6	M 1	10.8	.056	7	-0.14	0.72
" " B		21.1	+24 6	M 2	11.1	.056	7	-0.43	0.38
C 1905		25.6	- 8 12	M 1	10.7	.072	7	0.06	1.15
Boss 3812 (B)		51.6	-20 58	M 2	9.5	.172	4	-0.03	0.92
C 1989		55.3	-10 43	M 0	11.3	.057	8	0.27	1.85
C 2012	15	3.1	+25 18	M 0	11.2	.077	7	0.52	3.35
20 C 920		8.8	- 3 26	M 0	10.7	.030	6	-0.66	2.17
20 C 923		14.2	- 7 21	M 5	12.1	.152	6	-0.11	0.77
20 C 968	16	2.9	+34 55	M 0	11.4	.046	8	0.10	1.25
20 C 995		24.7	-12 24	M 5	11.2	.255	5	-0.01	0.98
C 2238		41.4	+33 41	M 0	9.9	.113	6	0.31	2.04
C 2251 A		50.1	- 8 9	M 3e	11.1*	.151	4	0.22	1.65
20 C 1014		54.1	+25 55	M 2	11.0	.086	9	-0.04	0.91
Boss 4342		59.8	- 4 54	M 0	9.2	.083	4	-0.33	0.47
C 2278	17	0.0	- 4 56	M 3	11.2	.100	5	-0.15	0.70
20 C 1023 A		9.2	+45 52	M 4	10.8	.144	7	-0.25	0.56
C 2297		9.9	+42 28	M 1	10.8	.032	6	-0.71	0.20
C 2347		33.4	+18 37	M 1	11.2	.113	9	0.76	5.69
C 2354		37.0	+68 26	M 3	10.7	.213	5	0.38	2.39
20 C 1062		40.9	+43 26	M 3	11.7	.102	7	0.10	1.26
Boss 4497 B		42.5	+27 47	M 3	11.2	.109	6	-0.07	0.86
Barnard's st.		53.0	+ 4 25	M 5	10.8	.545	3	0.57	3.75
20 C 1095	18	32.4	+45 39	M 2	10.9	.086	9	-0.08	0.82
ADS 11632 A		41.8	+59 27	M 4	10.5	.282	4	0.28	1.93
" " B		41.8	+59 27	M 5	10.8	.282	4	-0.09	0.81
C 2463		44.5	+17 20	M 1	10.4	.059	4	-0.28	0.52
C 2475		53.1	+ 5 48	M 1	10.7	.079	5	0.16	1.44
C 2556	19	29.6	+ 4 21	M 1	11.0	.081	5	0.32	2.10
C 2648	20	13.8	+76 55	M 0	10.6	.075	7	0.22	1.65
C 2707		51.3	+61 48	M 2	10.0	.138	5	-0.03	0.94
20 C 1250 A		56.2	+39 41	M 3e	11.3	.097	8	-0.14	0.73
Boss 5434 (B)	21	2.4	+38 15	M 0	7.8	.299	3	-0.03	0.92
C 2757		11.4	-39 15	M 1	8.0	.257	7	0.10	1.24
C 2790		24.5	-12 56	M 0	10.7	.048	7	-0.19	0.65
ADS 15972 A	22	24.4	+57 12	M 3	10.7	.258	4	0.58	3.79
20 C 1370 A		28.7	+53 16	M 1	12.1	.036	7	0.01	1.03
20 C 1382		42.5	+43 49	M 5e	11.3	.207	7	-0.17	0.67
C 3001		55.0	-23 4	M 1	9.0	.125	7	-0.17	0.67
C 3014		59.4	-36 26	M 2	8.8	.278	6	0.12	1.32
C 3124	23	44.0	+1 52	M 2	10.5	.167	6	0.40	2.51
C 3143		53.5	+46 10	M 0	11.2	.058	6	0.24	1.73
C 3161		59.5	-37 51	M 3	9.7	.222	7	-0.04	0.90

* The value for m_p given by Willis¹⁰ is 10.4; the star was found double by Kuiper (1934) (cf. 6, page 290); therefore we give the corrected magnitude of one component.

Using the Mt. W. spectra, and the data for trigonometric parallaxes compiled in the new catalogue by Schlesinger⁹, we computed individual densities for ninety-seven *M* dwarfs. Table VII furnishes us with the values of *C'* in (12) (in a few cases individual observed colours as given in Table VI could be used); the photographic apparent magnitude *m_p* is taken partly from recent determinations by Willis¹², partly computed from the Harvard visual magnitude, or (in the case of double stars) from the statistical investigation on double star magnitudes by Öpik¹³. Table XIV contains the results. The columns give: (1) the designation of the star; (2) and (3) the position for 1900; (4) the Mt. W. spectrum; (5) the photographic apparent magnitude; italics indicate the magnitudes determined by Willis¹²; (6) the trigonometric parallax from Schlesinger's catalogue⁹ and its probable error; (7) the logarithm of the density; (8) the density (sun = 1).

On the basis of Table XIV we computed the logarithmic mean densities of *M* dwarfs for each spectral subdivision as given in Table XV. The fourth column contains the number of stars, the fifth, the probable error of the mean density logarithm, computed from $\pm \frac{\Delta_0}{\sqrt{n}}$, where Δ_0 denotes the probable individual deviation of the density logarithm which we found to be ± 0.224 .

Thus the cosmic spread (Δ) in the density logarithm for a given spectral group of *M* dwarfs is

$$\Delta = \pm \sqrt{0.224^2 - (2.335 \Delta_{\log \pi})^2 - (0.467 \Delta_m)^2 - (2.01 \Delta_c)^2},$$

where $\Delta_{\log \pi}$ is the p. e. of $\log \pi$, Δ_m — the photometric error in the apparent magnitude, and Δ_c — the probable deviation of the individual colour from the assumed mean (Δ_c is a cosmic error). We assume: $\Delta_{\log \pi} = \pm 0.063$ (computed); $\Delta_m = \pm 0.2$; $\Delta_c = \pm 0.06$. This gives for the cosmic spread in $\log \varrho$, $\Delta = \pm 0.071$, or ± 17 per cent. Within the uncertainty of the adopted component errors, which are likely to be underestimated, a still smaller spread of $\log \varrho$ appears to be possible.

Thus, on the basis of the data of Table XV, and from the value for Δ found above, we arrive at the unexpected and highly

¹² H. C. Willis, *Mt. W. Contr.*, No. 502, 1934.

¹³ E. Öpik, *Publ. Tartu Obs.*, 25. 6, 1924.

Table XV.
Mean Densities of *M* Dwarfs.

Sp.	$\overline{\log \rho}$	ρ	n	$\frac{\Delta_0}{\sqrt{n}}$
<i>M</i> 0	+0.02	1.05	31	± 0.04
<i>M</i> 1	+0.05	1.12	26	± 0.05
<i>M</i> 2	+0.04	1.10	17	± 0.05
<i>M</i> 3	+0.02	1.05	12	± 0.06
<i>M</i> 4	-0.18	0.66	4	± 0.11
<i>M</i> 5	+0.09	1.23	7	± 0.08

significant conclusion with respect to the densities of *M* dwarfs: the mean densities of class *M* dwarf stars are nearly equal to the density of the sun over the whole spectral range from *M*0 to *M*5, and the cosmic spread of their densities is very small.

This result gives us a new proof of the reliability of the adopted scale of *TiO* correction, because a false colour index system would hardly lead to such a small cosmic spread in the densities of *M* dwarfs.

As to the frequency curve of density logarithms, it shows an excellent agreement with a Gaussian error curve, the agreement being actually better than expected on the basis of the law of chance. This circumstance appears to be quite natural, from our standpoint expressed above, according to which the frequency curve obtained represents more likely the error distribution, than the true distribution of densities.

In conclusion, I wish to express my sincere thanks to Dr. Ernst Öpik for steady helpful advice, and friendly criticism.

Tartu, December 1935.

**ÜBER LICHTSTRAHLUNG
WÄHREND DER SONNENFINSTERNIS
AM 21. AUGUST 1914 IN ÜXKÜLL**

VON

J. WILIP

TARTU 1936

Als Mitglied einer Expedition zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis, welche am Dünaufer auf dem Gute Üxküll, unweit von Riga, am 21./VIII 1914 sichtbar war, habe ich damals eine Reihe von photometrischen Messungen ausgeführt, die eines allgemeinen Interesses nicht entbehren dürften, obgleich das Beobachtungsmaterial viele Jahre lang unbenutzt gelegen hat. Bekanntlich findet man in der wissenschaftlichen Literatur nur selten Publikationen über die Lichtstrahlung der Sonne.

Obgleich die Intensität der Beleuchtung im organischen und physikalisch-chemischen Leben unseres Planeten eine hervorragende Rolle spielt, ist die Lichtstärke unserer Hauptquelle der strahlenden Energie noch nicht genügend erforscht.

Für die Ermittlung der Wärmestrahlung der Sonne ist verhältnismässig mehr getan worden. Es gibt bereits eine ganze Reihe von Messapparaten zu diesem Zweck, und es werden auf manchen meteorologischen Hauptstationen systematische Beobachtungen ausgeführt. An dieser Stelle sind unbedingt die grossen Verdienste des russischen Meteorologen J. S. Savinov in Pavlovsk zu erwähnen, welcher die Messmethoden der Wärmestrahlung beträchtlich vervollkommen hat. Diese Fragen gehören in das Gebiet der Aktinometrie.

Handelt es sich um die Lichtstrahlung der Sonne, so muss man zur Messung photometrische Apparate verwenden. Bis heutzutage ist aber noch immer kein passender Photometer-typus ausgearbeitet worden, welcher speziell nur zur Messung der Lichtstärke der Sonne dienen könnte.

Indem ich an dieser Stelle an den modernen Hilfsmitteln mit Stillschweigen vorbeigehe, die uns die photoelektrischen Erscheinungen zur Konstruktion von selbstregistrierenden Photometern zur Verfügung gestellt haben, in einer Richtung,

welche damals noch fast gar nicht eingeschlagen war, will ich hier nur erwähnen, dass es 3 Photometertypen gab, die man für die Photometrie der Sonnenstrahlung hätte einrichten können, nämlich: Weber's Photometer, die Polarisationsphotometer und jene mit rotierendem Sektor.

Der erste Typus besitzt den Nachteil, dass er von ungenügender Empfindlichkeit ist und keine hohe Einstellungsge nauigkeit zulässt.

Unter den Polarisationsphotometern zeichnen sich durch besonders hohe Empfindlichkeit die von Wild konstruierten aus, der seinerzeit Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg und Leiter des Physikalischen Hauptobservatoriums war. Diese Apparate setzen bei der Messung reines natürliches Licht voraus und erfordern in Fällen, in denen man eine Beimischung von polarisierten Strahlen unter den zu messenden voraussetzen kann, eine Depolarisierung, die man durch Zwischenschaltung von besonderen absorbierenden Milchglasplatten erreicht, wobei aber das Kriterium für die Gleichheit der Lichtbündel, welche von den zu vergleichenden Lichtquellen das Auge treffen, in höchstem Grade geschwächt wird.

Hätte man jedoch photometrische Messungen zur Zeit einer totalen Sonnenfinsternis auszuführen, so würde der oben erwähnte Umstand zu sehr die Beobachtungen erschweren, ganz besonders noch in den Grenzzonen der Hauptphase der Finsternis.

In diesem Falle stände einem bloss eine Beleuchtungsstärke zur Verfügung, die weniger als 1 Lux betragen würde¹⁾.

Aus diesem Grunde sind die Polarisationsphotometer von gewöhnlicher Konstruktion zur Bestimmung der Intensität dieser schwachen, aber sehr charakteristischen Lichtquelle ungeeignet.

Am besten würde sich zu ähnlichen Messungen irgendein registrierendes Photometer eignen, wie solche neuerdings von dem Prinzip des photoelektrischen Effektes her ausgearbeitet worden sind.

Es möge hier erwähnt werden, dass für visuelle Beobachtungen schon längst von Elster und Geitel ein ähnlicher Apparat konstruiert und zur Zeit der Sonnenfinsternis des

¹⁾ Die Beleuchtung 1 Lux oder Meterkerze entsteht von einer Lichtstärke 1 HK in 1 m Entfernung bei senkrecht auf die Fläche fallenden Strahlen.

Jahres 1912 verwendet worden war. Ein solcher Apparat gestattet bereits Beleuchtungsstärken bis zu 0,0001 Lux zu ermitteln.

Bei einer automatischen Registrierung hat man ausserdem den Vorteil, dass man alle möglichen Beobachtungsfehler zu vermeiden vermag.

Der vorliegende Aufsatz behandelt das sogenannte Kristallphotometer des Akademikers Wild¹⁾, welches sich in der Sammlung von Apparaten des physikalischen Laboratoriums der Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg vorfand und zum

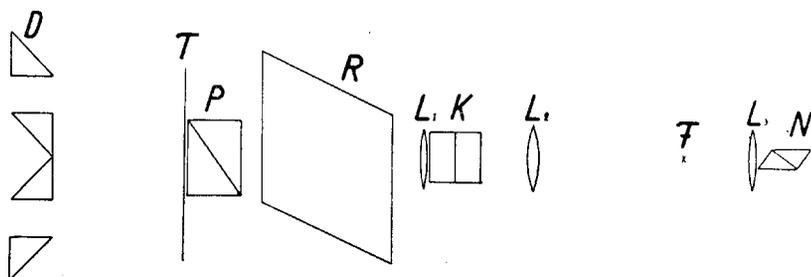


Fig. 1.

Zweck der Photometrierung der Sonnenstrahlung auf dem Beobachtungsort Üxküll bei Riga zur Zeit der totalen Finsternis am 21. August des Jahres 1914 eingerichtet wurde.

Es mögen hier der Grundgedanke der Konstruktion und die Theorie dieses sehr empfindlichen Apparates etwas erörtert werden. Dieses ist um so mehr am Platz, da dieser Photometertypus zu den Seltenheiten der Sammlungen physikalischer Apparate gehört und sich vielleicht nur ganz zufällig in einigen Laboratorien vorfinden dürfte.

Der Apparat stellt ein Polarisationsphotometer dar, auf dem Prinzip basierend, dass 2 gleich starke in zueinander senkrechten Ebenen polarisierte Lichtbündel sich wie gewöhnliches natürliches Licht verhalten, über dessen Vorhandensein man mit Hilfe eines Polarisikops urteilen kann; bei der geringsten Beimischung von polarisierten Strahlen oder bei Ungleichheit der obenerwähnten polarisierten Lichtbündel zeigt das Polarisikop Interferenzstreifen.

In Fig. 1 ist der Durchschnitt der Hauptteile dargestellt.

¹⁾ Ann. d. Ph. u. Ch., Bd. 118, p. 193. 1863.

In D ist ein Prismensystem zur Aufnahme der beiden zu vergleichenden Lichtbündel angedeutet. Von den 4 Prismen dieses Systems gelangen die Strahlen zum Polarisator P, der mit einem Teilkreis T verbunden ist; letzterer lässt sich gegen einen festen Nonius drehen. R bedeutet einen unbeweglichen Doppelspat.

Das weitere System der optischen Teile stellt ein Savart'sches Polariskop dar, welches, zur Analysierung dienend, in seinem Hauptteil von einem Quarzplattenpaar K gebildet wird, dessen Bestandteile unter einem Winkel von 45° zur optischen Haupt-

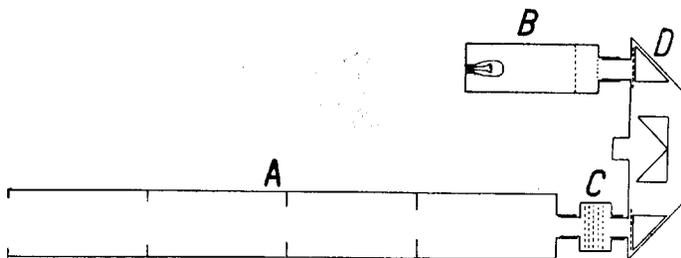


Fig. 2.

achse des Kristalls geschnitten und kreuzweise übereinandergelegt sind. Weiter erkennt man 3 Linsen L_1 , L_2 , L_3 und zum Schluss ein Nicol'sches Prisma N.

Der ganze Apparat kann auch als Polarimeter dienen, wobei man in diesem Falle zwischen D und T noch einen zweiten Doppelspat einzuschalten hat.

Um diesen Apparat zur Messung der Sonnenstrahlung verwendbar zu machen, wurden einige Zusatzteile angefertigt, und zwar folgende (vgl. Fig. 2): die Laterne B für eine elektrische Lampe, als normale Lichtquelle, die Kapsel C zur Schwächung des Sonnenlichtes mittels einer Serie von Milchglasplatten, sowie eine ca. 1 m lange Röhre A mit eingesetzten Diaphragmen, die nach dem offenen Ende zu allmählich breiter wurden. Diese Diaphragmen sollten die Strahlung des offenen Himmelsgewölbes ausschliessen und ebenso falsches reflektiertes Licht beseitigen. Ausserdem wurde ein besonderes Visierrohr seitlich am Photometer befestigt, welches an dem einen Ende eine kleine Öffnung aufwies und am anderen Ende mit einem matten Glase zugedeckt war. Dieses Rohr diente zur genauen Einstellung des Apparats auf die Sonne.

Die Diaphragmen im Rohre A waren so gewählt, dass der räumliche Winkel am Himmelsgewölbe einen Kreis von 3°

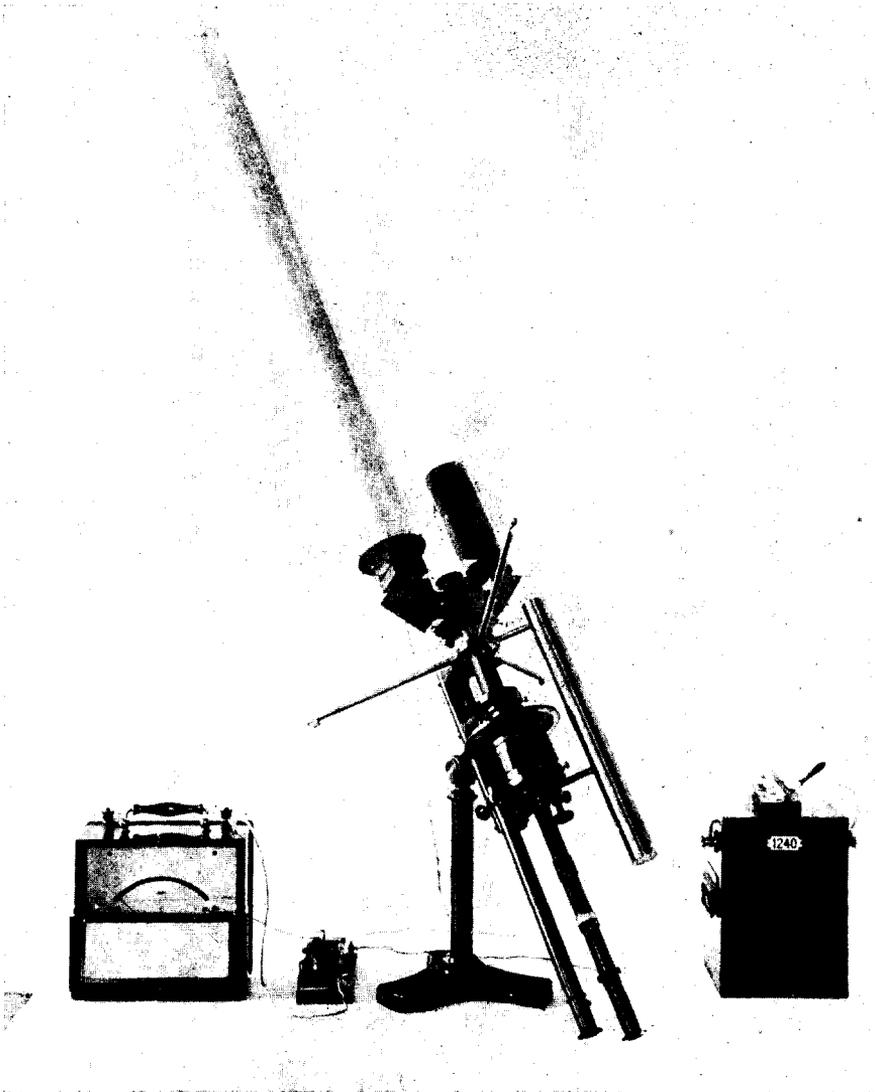


Fig. 3.

Durchmesser begrenzte. Die Wahl eines solchen Raumwinkels war zu dem Zweck getroffen, um eventuell die Strahlung der Sonnenkorona zu umfassen.

In Fig. 3 ist dieser Apparat in der Zusammensetzung, wie er zur Zeit der Sonnenfinsternis in Üxküll verwendet wurde, dargestellt.

Auf einem Metallfuss ist durch Zwischenschaltung eines Scharniergelenkes das ganze oben beschriebene System befestigt, so dass man ihm zum Horizont eine beliebige Neigung geben kann.

Der in 360° geteilte Kreis, welcher den Polarisator einschliesst, kann um seine Achse mittels eines Zahnrades von einem Schraubenkopf aus gedreht werden und verschiebt sich gegen einen Nonius, der ganze Bogenminuten abzulesen gestattet. Zum Ablesen dient ein spezielles Mikroskop (in Fig. 3 links erkennbar).

Daneben ist alles übrige Zubehör abgebildet, das bei den photometrischen Messungen nötig war.

In der Laterne befindet sich eine kleine elektrische Lampe, welche bei einer Stromstärke von 0.980 Ampere bei 2.3 Volt Spannung nach einem Beglaubigungsschein der Reichsanstalt in Charlottenburg eine Lichtstärke von 1.5 HK liefert.

Der Stromkreis wird von 2 Akkumulatoren gespeist, wobei ein Rheostat und ein Präzisionsamperemeter der Firma Hartmann & Braun eingeschaltet waren, welches Tausendstel Ampere abzulesen gestattete.

Das Amperemeter wurde mit Hilfe eines Silbervoltameters geprüft, wobei sich eine minimale und als irrelevant vernachlässigbare Korrektion herausstellte. Bei der Photometrie spielt weder diese Korrektion noch die absolute Lichtintensität der Lampe eine merkliche Rolle; die Hauptsache ist dabei, dass die Angaben des Amperemeters unverändert bleiben.

Innen in der Abteilung D vor den Prismen, auf welche die zu vergleichenden Lichtbündel fallen, befinden sich matte Gläser mit sehr feinem Korn.

In der Kammer C waren bei der Strahlung der ganzen Sonnenscheibe 5 dünne Milchglasplatten zwischengeschaltet (bei den grössten Lichtstärken wäre es angebracht gewesen 6 oder 7 Platten zu benutzen).

Die Milchglasplatten, wie man sie im Handel vorfindet, geben meistens ein schwach grünliches Licht. Um diesen unerwünschten Einfluss zu kompensieren, wurde auch auf der anderen Seite in der Laterne ein schwach grüngesärbtes Glas

eingeschoben. Auf diese Weise erreichte man für eine sehr grosse Anzahl von Messungen ein recht gleichfarbiges Gesichtsfeld, welches beim Arbeiten vom Auge als sehr wohltuend empfunden wurde und bei der Einstellung eine ausserordentliche Schärfe zuließ.

Da dieser Apparat, — wie wir später sehen werden, — mit Hilfe einer speziellen, dem Sonnenlicht sehr ähnelnden Lichtquelle graduiert worden war, so konnte er in dieser Hinsicht keinen schädlichen Einfluss auf die Beobachtungsergebnisse ausüben.

Zur Abschwächung des Lichtes der elektrischen Vergleichslampe konnte durch einen besonderen Spalt der Laterne in den Weg der Lichtstrahlen noch ein abschwächendes Milchglas eingeschoben werden. Diese Massregel erweist sich als notwendig, wenn man die Helligkeit der Sonnenkorona messen will.

Es möge nun kurz die Theorie dieses Apparates erörtert werden.

Wir wollen annehmen, dass wir 2 Lichtquellen haben, die nach *A* und *B* ihr Licht strahlen. Die von *A* und *B* kommenden Lichtbündel durchdringen die absorbierenden Glasplatten, — wobei das *A*-Bündel, im Falle es polarisierte Strahlen enthält, durch einen Milchglaseinsatz in der Kammer *C* depolarisiert wird, — und werden mit Hilfe von rechtwinkligen Prismen bei Totalreflexion durch ein rundes Diaphragma zum Polarisator *P* gesandt. Dieses Diaphragma wird durch die Linie, die durch die Berührungsstelle der Kanten der beiden inneren Prismen gebildet wird, in 2 gleiche Felder geteilt. Der Polarisator lässt von beiden Bündeln nur die eine Hälfte durch, wodurch bereits 2 polarisierte Lichtbündel entstehen. Ein jedes dieser beiden Bündel fällt auf den isländischen Spat und zerfällt nach dem Malus'schen Gesetz in je 2 Komponenten mit zueinander senkrechten Schwingungsebenen. Aus dem Spat treten folglich 4 Strahlen hervor: 2 ordentliche und 2 ausserordentliche.

Da die nebeneinander stehenden Prismen das hinter ihnen befindliche runde Diaphragma in 2 Hälften teilen, wobei durch die eine und die andere Hälfte Strahlen aus verschiedenen Lichtquellen dringen, so erhält man im Gesichtsfelde im Zentrum einen ordentlichen Lichtstrahl von der einen und einen ausser-

ordentlichen von der anderen Lichtquelle, wobei diese Strahlen einander überlagern.

Die beiden anderen Komponenten kommen weiter an den Rändern zu stehen, und lassen sich, im Falle sie störend einwirken sollten, mit Hilfe von speziellen Diaphragmen beseitigen.

Durch Drehen des Polarisators kann man die Intensitäten der beiden inneren Felderteile, die sich überlagern, soweit verändern, bis sie gleich geworden sind, worüber das Polariskop sofort Auskunft erteilt.

Angenommen, dass die zu untersuchende Lichtquelle von der Stärke J sich in der Entfernung R von der äusseren Glasplatte der Kammer C befindet, die Normallampe von der Stärke J_0 in der Entfernung R_0 von der Mattscheibe auf der anderen Seite, so sind die Intensitäten der Lichtbündel vor dem Eintritt in die Platten proportional

$$\frac{J}{R^2} \text{ und } \frac{J_0}{R_0^2},$$

wenn man von der abschwächenden Wirkung der schwachgrünlichen Glasplatte bei der normalen Lichtquelle J_0 absieht.

Nach dem Passieren der Strahlen durch die Gläser kann man ihre Intensitäten als

$$K_1 \cdot \frac{J}{R^2} \text{ und } K_2 \frac{J_0}{R_0^2}$$

berechnen, wobei K_1 und K_2 Koeffizienten darstellen, deren Grösse von den absorbierenden Eigenschaften der Platten abhängt.

Beim Durchgang durch den Polarisator P werden diese Lichtbündel von neuem geschwächt, so dass man etwa

$$K_1 \cdot K'_1 \cdot \frac{J}{R^2} \text{ und } K_2 \cdot K'_2 \cdot \frac{J_0}{R^2}$$

schreiben kann.

Diese Bündel durchdringen den Doppelspat, und jedes von ihnen zerfällt nach dem Malus'schen Gesetz in eine ordentliche und eine ausserordentliche Komponente.

Wollen wir voraussetzen, dass der Hauptschnitt des Spates mit der Durchschnittsebene des Apparates zusammenfällt (Fig. 1), wobei der Winkel zwischen dem Hauptschnitt des Spates und dem des Polarisators β sein möge.

Wenn wir von der Lichtquelle J_0 den ausserordentlichen Strahl haben, auf den sich der ordentliche Strahl von J lagert, so kann man die Komponenten beider Lichtbündel folgendermassen ausdrücken:

$$K_1 K'_1 D_0 \frac{J}{R_2} \sin^2 \beta \quad \text{und} \quad K_2 K'_2 D_e \frac{J_0}{R_0^2} \cos^2 \beta,$$

wo D_0 und D_e den Verlust der Lichtenergien im Spat selbst darstellen mögen.

Da man β so zu wählen hat, dass beide Lichtbündel gleich stark werden, so kann man schreiben:

$$J = K \cdot R^2 \cotg^2 \beta, \quad (1)$$

wo in K alle Grössen enthalten sind, die sich während der Messung nicht ändern.

Ein zweiter Fall trifft ein, wenn der Spat eine solche Stellung einnimmt, dass der ordentliche Strahl von J_0 sich auf den ausserordentlichen von J legt.

Dann ist

$$J = K \cdot R^2 \cdot \text{tg}^2 \beta, \quad (2)$$

wo K und β von denen in (1) verschieden sind.

In dem von mir verwendeten Exemplar war die Anordnung des Spates nach (1) gegeben, dafür aber gab der geteilte Kreis die Winkel $\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$, so dass β beim Zunehmen von J sich vergrösserte. Daher war die Formel (2) zu verwenden.

In Fällen, wo K von der Intensität der Lichtquelle J nicht abhängt, ermässigt es sich besonders genau auf die Lage des Nullteilstrichs des Kreises in bezug auf den Polarisator zu achten.

Bei Verwendung irgendeiner starken konstanten Lichtquelle kann die Indexkorrektur empirisch ermittelt werden, wobei man R variiert und den Drehungswinkel des Polarisators abliest.

Bezeichnen wir diese Korrektur mit δ , so erhalten wir eine Reihe von Gleichungen von folgender Form:

$$J = K \cdot R_1^2 \text{tg}^2(\beta_1 + \delta)$$

$$J = K \cdot R_2^2 \text{tg}^2(\beta_2 + \delta),$$

⋮

⋮

aus denen man nach der Methode der kleinsten Quadrate K und δ ermitteln kann.

Bei meinem Photometer aber änderte sich mit der Lichtstärke K ganz bedeutend. Aus diesem Grunde war man, wie wir später sehen werden, gezwungen eine andere Methode zu verwenden.

Bei der Justierung des Apparates verfuhr man auf folgende Weise: Nachdem man das Photometer von allen seinen Zusatzteilen, bis auf die schwachmatten Glasplatten, befreit hatte, richtete man es senkrecht auf einen weissen Schirm und orientierte den Polarisator in seiner Fassung so, dass das Kriterium für die Gleichheit der beiden Lichtbündel beim Teilstrich 45° statthatte. Beim Apparat fehlte aber jegliche Schraube für diese Prozedur. Dabei musste der Polarisator so eingerichtet sein und eine solche Stellung einnehmen, dass beim Drehen der austretende Strahl senkrecht zur Ebene des Teilkreises blieb und mit dessen Drehachse zusammenfiel. Unter diesen Bedingungen bleiben die Bilder des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles beim Drehen des Teilkreises unbeweglich.

Die Durchführung dieser Aufgabe erwies sich infolge des Fehlens von bequemen Schrauben als ziemlich schwierig, obgleich ausser den 4 am Apparat vorhandenen Schrauben noch 4 weitere angebracht wurden.

Am Fernrohr besteht eine Vorrichtung zur seitlichen Verschiebung, und man muss es so orientieren, dass von den beiden zu vergleichenden Lichtquellen jene Strahlen mit seiner optischen Achse zusammenfallen, welche sich überlagern.

Da das Diaphragma vor dem inneren Prismenpaar von jeder Lichtquelle nur ein Bündel von halbkreisförmigem Querschnitt durchlässt, so erhält man nach der Zerlegung durch den Spat im Gesichtsfelde ein Bild, wie es auf Fig. 4 skizziert ist, wo die gestrichelten Felder von der normalen Lichtquelle herkommen, die beiden übrigen Hälften aber von der zu untersuchenden.

Im Fernrohr sind diese natürlich in umgekehrter Reihenfolge sichtbar.

Blickt man auf dieses Bild durch das Savart'sche Polarisoskop, so erweist sich das ganze Gesichtsfeld von dunklen und hellen Streifen durchzogen.

Der Doppelspat behält ständig seine konstante Lage, und zwar eine solche, bei der die Gerade durch die Mittelpunkte beider Kreise (Fig. 4) horizontal orientiert ist.

Eine spezielle Schraube gestattet eine unbedeutende Drehung des Spates in seiner Fassung zu bewerkstelligen. Auf der Fassung der Savart'schen Doppelplatte findet sich eine Marke, welche andeuten soll, wie diese Platte in bezug auf das Nicol'sche Prisma eingestellt sein muss.

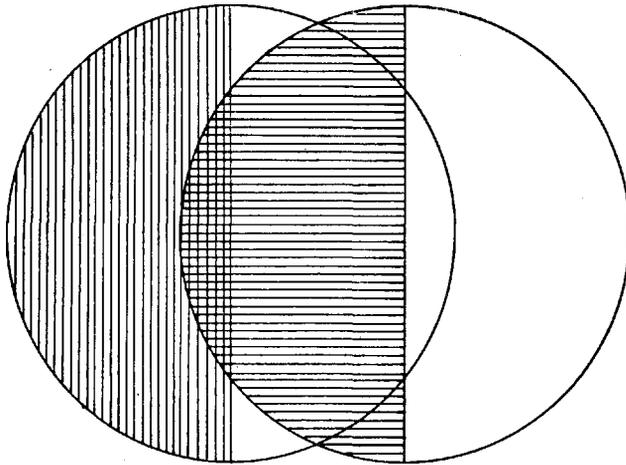


Fig. 4.

Vor den Beobachtungen wird zunächst das Okular so lange verschoben, bis die Interferenzstreifen am allerdeutlichsten erscheinen. Darauf wird das Fadenkreuz in die richtige Sehweite eingestellt, und man dreht das Fernrohr um seine optische Achse so, dass der stumpfe Winkel zwischen den Fäden gegen die Gerade gerichtet ist, welche die Lichtscheiben halbiert. Dann ist das Photometer zur Messung vorbereitet.

Da sich die Grösse K bei diesem Apparat nicht als konstant erwies, so musste man den Teilkreis einfach für bestimmte Helligkeiten graduieren.

Aus Gleichung (2) folgt:

$$\frac{J}{R^2} = K \cdot \operatorname{tg}^2 (\beta + \delta) = E, \quad (3),$$

wo noch eine mögliche Indexkorrektion δ hinzugefügt ist.

Die Gleichung (3) drückt direkt die Beleuchtung in Lux aus, wenn hierbei die Lichtstärke J in Hefnerkerzen gegeben ist, die Entfernung R aber in Metern.

Indem man eine konstante starke Lichtquelle benutzt und die Entfernung R variiert, kann man die Kreisteilung in Lux graduieren, was beim heutigen Stande der elektrischen Beleuchtungsapparate eine einfache Sache ist.

Zur Graduierung des Apparates verwendete man eine Metallfadenlampe der Firma Philipps von 3000 Kerzen bei 110 Volt, die ein äusserst weisses Licht entwickelte, welches dem Sonnenlichte sehr ähnlich war. Deren Lichtstärke wurde mit Hilfe von 3 kleinen elektrischen Lampen zu je ca. 1.5 HK, welche in der Reichsanstalt in Charlottenburg geprüft waren, ermittelt.

Diese Versuche wurden im Hauptgebäude der Marineakademie in St. Petersburg ausgeführt. Indem man die grelle Lampe im Physikalischen Laboratorium aufstellte und von dort durch den Spalt der geöffneten Tür das Lichtbündel in einen langen Korridor leitete, gelang es jegliches schädliche reflektierte Licht zu vermeiden und sehr grosse Entfernungen vom Photometer (über 56 Meter) zu erreichen, was sich wegen der Schwäche der zur Verfügung stehenden normalen Lichtquelle als notwendig erwies. Die Vergleichung wurde mit Hilfe eines genauen Photometers der Firma „Société Genevoise“ (System Lummer und Brodhuhn) ausgeführt.

Die Spannung bei der zu untersuchenden Lampe wurde mit Hilfe eines speziellen Rheostats und eines Präzisionsvoltmeters konstant gehalten. Im Stromkreise der Normallampen war ein Rheostat und ein Präzisionsamperemeter eingeschaltet, welches nach den Angaben eines Silbervoltmeters geprüft war.

Die 3 benutzten 1,5-Kerzenlampen ergaben folgende Lichtstärke für die starke Philipps'sche:

Lampe a	2500 HK.
„ i	2526 „
„ k	2476 „ .

Aus diesen Zahlen nahm man das Mittel 2500.7 HK, und dieser Wert wurde bei der Zusammenstellung von speziellen Tabellen für das Photometer zugrunde gelegt.

Der ganze Vorgang der Graduierung erwies sich als sehr

einfach. Man hatte die Lampe in messbaren Entfernungen bis zu irgendeiner Marke am Photometer aufzustellen. Nachdem man die Angaben des Voltmeters einerseits und die des Amperemeters andererseits für die Laterne richtig einreguliert hatte, orientierte man den Teilkreis auf das Verschwinden der Interferenzstreifen und machte die Ablesung. Darauf wiederholte man dieses, nachdem man in der Schwächungskammer die Anzahl der Glasplatten je um eine verkleinert hatte, u. s. w.

Bei der Graduierung war es von Bedeutung, für jede Entfernung mehrere Male die Einstellung zu wiederholen und die Beobachtungen für viele Entfernungen zwischen Lampe und Photometer auszuführen.

Bei einem derartigen Polarisationsphotometer gibt es 4 Stellungen, bei denen die Bedingung, dass die Intensitäten senkrecht zueinander polarisierter Lichtbündel gleich seien, befriedigt werden kann. Die zweite Lage des Polarisators hat statt, wenn sein Hauptschnitt unter einem bestimmten Winkel symmetrisch zu der anfänglichen Lage zu stehen kommt, von der anderen Seite des Hauptschnittes des Spates gezählt. Die beiden übriggebliebenen Stellungen unterscheiden sich von den 2 ersten um 180° .

Bei der Verwendung des Photometers zur Messung von Sonnenstrahlung war es zweckmässiger, den Apparat nur für einen einzigen Quadranten zu graduieren, da es sich bei der Beobachtung einer Erscheinung, die Veränderungen unterworfen ist, wegen Zeitverlustes als überflüssig und schädlich erwies, Messungen in allen Quadranten durchzuführen.

Tabelle 1.

β	5 Pl.	4 Pl.	3 Pl.	2 Pl.	1 Pl.	Ohne Pl.	Ohne Pl. Milch-gl.-Pl.
25°	$0.74 \cdot 10^4 Lx$	$0.34 \cdot 10^4 Lx$	$0.20 \cdot 10^4 Lx$	$0.10 \cdot 10^4 Lx$	$0.05 \cdot 10^4 Lx$	$6.0 Lx$	—
30	0.94	0.45	0.26	0.14	0.07	7.7	$0.15 Lx$
35	1.20	0.62	0.33	0.17	0.09	10.1	0.19
40	1.51	0.83	0.44	0.21	0.12	13.2	0.26
45	1.89	1.08	0.59	0.29	0.16	17.1	0.34
50	2.35	1.40	0.79	0.39	0.21	22.3	0.45
55	2.93	1.77	1.03	0.54	0.27	29.4	0.58
60	3.77	2.23	1.33	0.74	0.36	40.8	0.73
65	4.95	2.84	1.69	0.99	0.50	—	0.89
70	6.79	3.65	2.12	1.33	0.70	—	—
75	8.67	4.83	2.66	1.80	0.96	—	—

In der Tabelle (1) sind die Messresultate zusammengestellt; die Werte sind aus den Beobachtungen graphisch gefolgert, wobei die den Kreisteilstrichen entsprechenden Helligkeiten in Lux gegeben sind, und zwar bei verschiedenen Dicken der schwächenden Schicht der Milchglasplatten.

Hier hat man die Aufmerksamkeit auf folgenden Umstand zu richten. In den 5 ersten Fällen, wo die Milchglasplatten zwischengeschaltet waren, dienten diese letzteren als Depolarisatoren und der Apparat war einwandfrei auch beim Photometrieren von polarisiertem Licht zu verwenden.

Gewöhnliches Sonnenlicht ist nicht polarisiert. Dafür aber ist das Licht der Sonnenkorona aller Wahrscheinlichkeit nach zum Teil polarisiert.

Wegen der Schwäche dieser geheimnisvollen Lichtquelle ist die Anwendung des Polarisationsphotometers wohl kaum zu empfehlen.

Ungeachtet dessen wurde dieser Apparat auch für schwächeres Licht graduiert, und zwar für jenen Fall, wo die depolarisierenden Platten ganz ausgeschaltet waren und man sich nur einer matten Glasplatte bediente. Das Resultat für diesen Fall ist in der siebenten Rubrik eingetragen.

Um die Grenze der Messmöglichkeit noch weiter zu vergrössern, wurde in den Weg der Lichtstrahlen der Laterne eine Milchglasplatte eingeschaltet; in der achten Rubrik sind die gefundenen Werte zusammengestellt, aus denen man ersieht, dass die Möglichkeit gegeben ist, bei den Messungen bis auf 0.15 Lux hinabzusteigen.

Man plante nämlich eventuell die Intensität des Hauptteiles des Koronalichtes zu ermitteln.

Bei dieser Absicht liess man sich von folgenden Gesichtspunkten leiten. Erstens depolarisiert die Mattscheibe einen Teil des vorausgesetzten polarisierten Lichtes. Zweitens ist der Charakter des Koronalichtes ein solcher, dass die Strahlen aus der äussersten Oberfläche der Sonne austreten. Man kann voraussetzen, dass die Polarisations Ebenen dieser Strahlen symmetrisch um die Sonnenscheibe orientiert sind und als Summe zwei senkrecht zueinander schwingende Resultantstrahlenbündel von gleicher Stärke ergeben, die im Photometer denselben Effekt hervorrufen, wie gewöhnliches Licht.

Dieses würde natürlich nur eine erste Annäherung zur Wirklichkeit ergeben haben, weil die Koronastrahlen um die Sonne herum nicht von gleicher Länge und zudem noch zur Sonnenoberfläche gebogen sind.

Wie wir später sehen werden, kamen die Werte der beiden letzten Rubriken der Tabelle I überhaupt nicht zur Verwertung.

Bei der Messung der Sonnenstrahlung kamen meist 5 Absorptionsplatten zur Verwendung, und nur in der Nähe der Hauptphase bediente man sich 4, 3 und 2 Platten.

Ein sehr grosser Vorzug dieses Photometers besteht darin, dass bei der Beobachtung der Sonnenstrahlung keine verdunkelten Räumlichkeiten erforderlich sind. Man kann direkt auf offenem Felde arbeiten. Dabei muss man aber das Auge mittels einer besonderen schwarzen Schutzbrille von dem äusseren Licht absperren; dann tritt das Kriterium für die Gleichheit beider Lichtbündel, d. h. das Verschwinden der Interferenzstreifen im Polariskop, ausserordentlich scharf hervor, und das Beobachten ermüdet das Auge nicht im geringsten, sogar bei länger andauerndem Arbeiten.

Wollen wir nun weiter erwägen, welche Messgenauigkeit mit diesem Apparat für E erreicht werden kann. Dabei wollen wir annehmen, dass bei der Einstellung ein Fehler von $10'$ gemacht wird, eine Grösse, die nur bei einem ungeübten Beobachter denkbar ist.

Der Erfinder dieses Photometers, Akademiker Wild, hält für ein unermüdetes Auge einen Ablesefehler von nur $1-2'$ für möglich.

In unserem Falle dürften wegen der Konstanz der zu untersuchenden Lichtquelle und des Umstandes wegen, dass ausserhalb der Epoche der Finsternis je 3 Ablesungen gemacht wurden, die Abweichungen bedeutend geringer als $10'$ sein und sich bei der Anwendung der graphischen Methode zur Bearbeitung des Beobachtungsmaterials im höchsten Grade ausgleichen.

Vernachlässigen wir in der Grundgleichung (3) die Indexkorrektion δ , so können wir schreiben:

$$E = K \operatorname{tg}^2 \beta.$$

Nach der Differenzierung erhalten wir:

$$\Delta E = \frac{2 K \cdot \operatorname{tg} \beta}{\cos^2 \beta} \cdot \Delta \beta,$$

$$\text{oder:} \quad = \frac{2 E \cdot \Delta \beta}{\cos^2 \beta \cdot \operatorname{tg} \beta},$$

$$\text{oder:} \quad = \frac{4 E \cdot \Delta \beta}{\sin 2 \beta}. \quad (4)$$

Wollen wir ΔE für 3 Werte von β bei $\Delta \beta = \frac{10}{6}$ für den Fall mit 3 Absorptionsplatten berechnen. Dabei ergibt sich die folgende Tabelle:

β	E	ΔE
25°	0.74 · 10 ⁴ Lx	112 Lx
45°	1.89 " "	220 " "
75°	8.67 " "	2018 " "

Aus der Formel (4) ersieht man, dass ΔE bei $\beta = 45^\circ$ am kleinsten ist. Folglich erweist sich dieses Gebiet des Ableistungswinkels für Messungen als am günstigsten. Daher ist es wünschenswert die Anzahl der absorbierenden Platten so zu wählen, dass die Messungen im Bereiche dieses Teilstriches zustande kommen. Dann machen sich die Ablesungsfehler am wenigsten geltend.

Was die Korrektur jenes Teils des Himmelsgewölbes um die Sonne anbelangt, der von dem Schutzrohr begrenzt wird und dessen Helligkeit mit zu der zu messenden Grösse hinzukommt, so kann der entsprechende Zusatz jedesmal empirisch ermittelt werden, indem man das Photometer gegen den blauen Himmel ausserhalb der Sonnenscheibe richtet und dabei die Anzahl der Absorptionsplatten bis zur möglichen Messgrenze vermindert. Im gegebenen Fall wurde diese Korrektur einfach vernachlässigt, da sie sich von der Grössenordnung von 0,1 % erwies, wie ein Probeversuch dieses erkennen liess. Um so mehr war man zu einem Absehen von dieser Korrektur berechtigt, als zur Zeit der Finsternis die Notwendigkeit vorlag, möglichst viele Beobachtungen auszuführen, und wenig Zeit zur Bestimmung dieser Korrektur übrigblieb.

Wir gehen nunmehr zur Besprechung der Beobachtungen in Üxküll über.

Das Photometer wurde auf einem gewöhnlichen Gaussstativ montiert, an welchem zugleich alles übrige Zubehör angebracht war, nämlich: ein Präzisionsamperemeter, ein Rheostat und Stromschlüssel für die Laterne nebst 2 Akkumulatoren.

Dieser ganze zusammengestellte Apparat war transportabel und befand sich zur Zeit der Beobachtungen auf offenem Felde; für die Nacht und bei Regen wurde er in die allgemeine Scheune getragen, in welcher auch alle übrigen Apparate der Expedition untergebracht waren.

Die Beobachtungen wurden am 19./VIII begonnen und am 24./VIII abgeschlossen.

Man bediente sich nur solcher klarer Augenblicke, wo man mit blossem Auge wahrnehmen konnte, dass die Sonnenscheibe von reinem blauem Himmel umgeben war.

Jedesmal führte man 3 Einstellungen aus, von denen das Mittel genommen wurde. Nur während der Zeit der Finsternis selbst musste man sich wegen der schnellen Veränderlichkeit der Erscheinungen mit je einer einzigen Ablesung begnügen, wobei die Zeitmomente mit einer Genauigkeit von 1^s notiert wurden.

Tabelle 2.
19./VIII 1914.

<i>t</i>	<i>E</i>	<i>Z</i>
6 ^h 37 ^m	5.83 · 10 ⁴ <i>Lx</i>	74 ^o .1
7 37	5.97	66 .0
9 0	6.64	55 .6
10 47	7.09	46 .2
12 57	7.32	45 .0
1 22	6.87	46 .9
1 57	6.65	49 .4
4 37	5.07	68 .6

20./VIII 1914.

<i>t</i>	<i>E</i>	<i>Z</i>
5 ^h 37 ^m	2.60 · 10 ⁴ <i>Lx</i>	82 ^o .6
11 37	8.54	44 .5
11 52	7.52	44 .2
1 12	7.51	46 .6
1 47	7.21	49 .0

21./VIII 1914.

<i>t</i>	<i>E</i>	<i>Z</i>
8 ^h 50 ^m	7.86 · 10 ⁴ <i>Lx</i>	57 ^o .5
9 2	7.80	56.1
11 25	7.23	45.0
11 53	7.16	44.5
12 7	7.36	44.5
12 32	7.39	45.0
12 42	7.31	45.2
12 ^h 55 ^m 2 ^s	I. Kontakt.	
1 8.8	6.76	46.4
1 14.8	6.32	46.9
1 19.8	6.01	47.2
1 24.8	5.11	47.6
1 30.8	4.33	48.0
1 32.8	4.20	48.1
1 34.8	3.82	48.2
1 37.8	3.56	48.6
1 39.8	3.31	48.7
1 41.3	3.03	48.8
1 44.8	2.57	48.9
1 47.3	2.35	49.2
1 49.8	2.09	49.4
1 53.8	1.51	49.6
1 56.8	1.06	49.8
1 59.3	0.72	50.0
2 0.8	0.43	50.1
2 ^h 5 ^m 1 ^s	II. Kontakt.	
2 ^h 7 ^m 7 ^s	III. Kontakt.	
2 9.3	0.18 · 10 ⁴ <i>Lx</i>	50 ^o .6
2 13.8	0.92	51.3
2 15.3	1.21	51.6
2 17.3	1.39	51.9
2 19.8	1.70	52.0
2 23.0	2.25	52.4
2 27.8	2.92	52.8
2 31.8	3.17	53.1
2 33.2	3.51	53.4
2 36.8	3.92	53.7
2 40.8	4.52	54.3
2 43.8	5.08	54.5
2 46.3	5.87	54.7
2 53.8	6.27	55.5
2 56.8	6.39	55.8
3 2.3	6.78	56.3
3 4.8	7.01	56.7
3 8.8	7.27	57.2
3 ^h 13 ^m 55 ^s	IV. Kontakt.	
3 21.8	7.28	58.7
3 54.8	6.58	62.9
4 59.8	5.44	71.6
5 39.8	4.26	77.1
5 54.8	4.07	79.2
6 24.8	2.65	83.0
6 42.8	1.75	85.3
6 46.8	1.45	85.9
6 51.8	1.22	86.7

22./VIII 1914.

<i>t</i>	<i>E</i>	<i>Z</i>
6 ^h 46 ^m	$5.51 \cdot 10^4 Lx$	73 ^o .8
7 36	6.66	67.0
7 56	6.82	64.4
8 56	7.09	56.9
9 21	7.22	54.3
9 59	7.32	50.5
11 15	7.43	45.6
12 0	7.48	44.8
1 5	7.49	46.6
1 50	7.16	49.7
2 20	6.89	52.4
2 55	6.97	55.9
3 10	6.75	57.9
4 5	5.94	64.5
4 55	5.25	71.1
5 20	4.62	74.6
5 40	3.85	77.3
6 1	2.90	80.1
6 25	1.97	83.2
6 31	1.50	84.0
6 36	1.25	84.8
6 41	0.97	85.5

23./VIII 1914.

<i>t</i>	<i>E</i>	<i>Z</i>
11 ^h 0 ^m	$6.21 \cdot 10^4 Lx$	46 ^o .6

24./VIII 1914.

<i>t</i>	<i>E</i>	<i>Z</i>
10 ^h 35 ^m	$6.84 \cdot 10^4 Lx$	48 ^o .6
11 5	6.80	46.6
11 35	6.73	45.7
12 5	6.57	45.5
12 35	6.43	46.1
1 5	6.58	47.3
1 35	4.99	49.4
2 5	5.00	51.6

In der Tabelle (2) ist das ganze Beobachtungsmaterial zusammengestellt, wobei in der ersten Rubrik die Zeitmomente nach der mittleren Üxküll'schen Zeit angegeben sind, in der zweiten die Beleuchtungen in Lux, in der dritten aber die Zenitdistanzen der Sonne, welche mit Hilfe von astronomischen Tabellen gefunden wurden.

Ausführlicher habe ich das Beobachtungsmaterial vom 21./VIII (Tag der Finsternis) und vom 22./VIII (ein ganz besonders klarer Tag) bearbeitet.

In Fig. 5 sind die Kurven der Lichtstrahlung für diese Tage dargestellt, wobei als Ordinaten die Beleuchtungsergebnisse, als Abszissen aber die mittleren Üxküll'schen Zeiten eingetragen sind.

Aus Tab. 2 und Fig. 5 ersieht man, dass zur Zeit der Kontakte keine photometrischen Beobachtungen ausgeführt worden sind. Dieses ist dem Umstande zuzuschreiben, dass mir ausser der photometrischen Aufgabe noch die visuelle Bestimmung der Kontaktmomente oblag. Die Ausführung dieser zweiten Messung war auch ganz besonders störend bei der photometrischen Bestimmung des Lichteffects der Korona selbst, auf die man zu verzichten gezwungen war.

Bei einem Versuch diese Grösse zu ermitteln, glaubte man ganz zuerst ohne jegliche Absorptionsplatte auskommen zu können; es stellte sich aber heraus, dass man die Interferenzstreifen nicht zum Verschwinden bringen konnte. Daraus war zu folgern, dass die Beleuchtung von der Sonnenkorona geringer als 6 Lux gewesen sein muss (7. Rubrik der Tab. 1).

Weiter blieb nur gerade noch Zeit zur Bestimmung des Moments des III. Kontaktes übrig. Um eine Messung auf Grundlage der Hilfsplatte bei der Laterne auszuführen (8. Rubrik der Tab. 1), hätte man die Ermittlung des Moments für den III. Kontakt auslassen müssen. Es fehlte also der ausgerüsteten Expedition noch ein Mitglied¹⁾.

Aus dem angeführten Grunde musste man sich mit einer groben Schätzung der Koronabeleuchtung auf Grundlage des Beobachtungsheftes und der Vergleichslampe begnügen.

Da der Eindruck über die Beleuchtungsstärke des Heftes zur Zeit der Hauptphase erhalten blieb, führte man am Abend

1) Bei der Bestimmung der Kontakte erwies mir die Tochter des Gutsverwalters Helmut nützliche Hilfe.

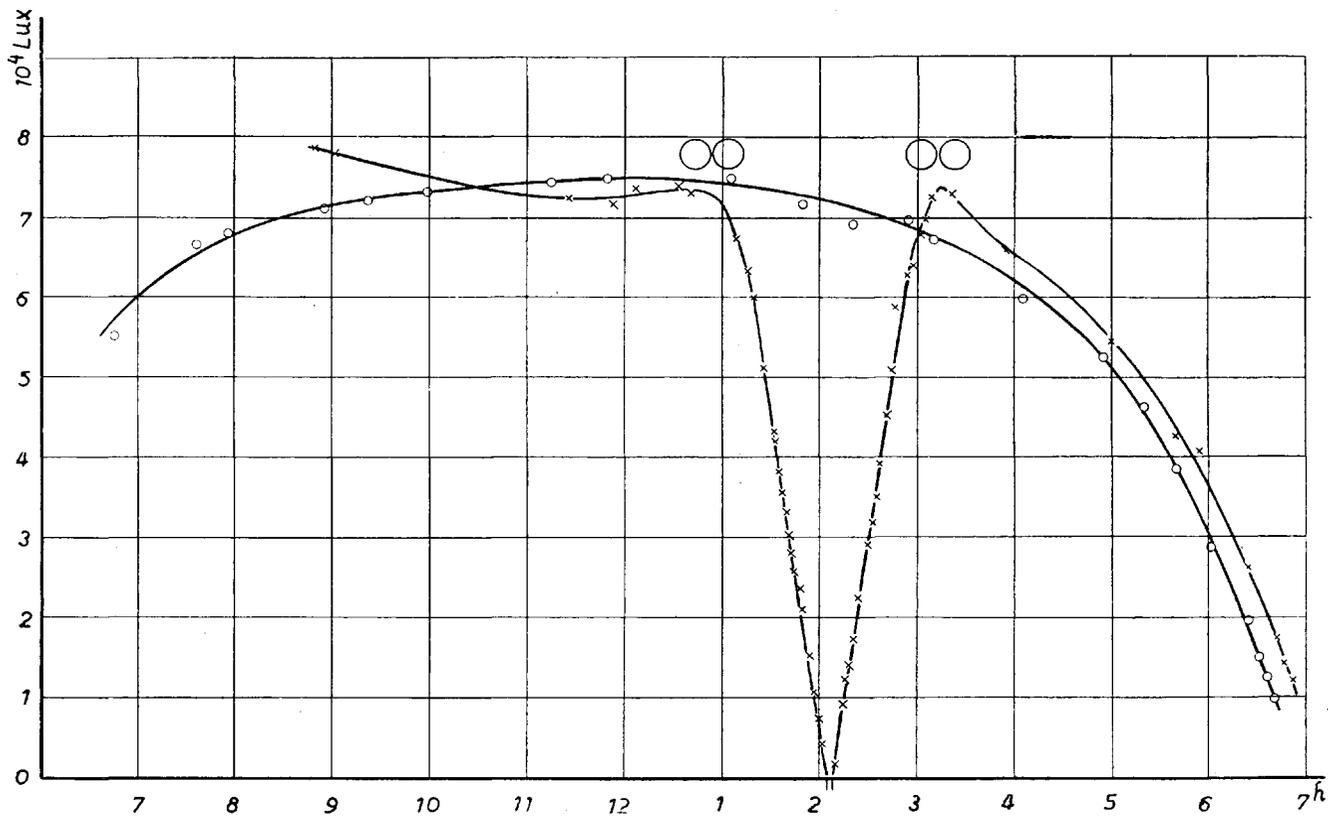


Fig. 5.

in der Scheune, in der die Instrumente geborgen waren, folgenden Versuch aus. Indem man das Heft von der 1.5 HK starken Vergleichslampe des Photometers entfernte und ihr näherte, suchte man eine solche Entfernung auf, in der die eingetragenen Beobachtungen mit derselben Schärfe zu entziffern waren, wie zur Zeit der vollen Phase. Auf diese Weise ergab sich eine Entfernung von 2 Metern. Folglich war die annähernde Beleuchtung des Koronalichtes in Üxküll 0.4 Lux.

Hierbei möge noch folgendes beachtet werden. Zur Zeit der vollen Phase wurde das Heft auch vom Himmelsgewölbe beleuchtet; das wird aber durch den Umstand kompensiert, dass das Auge am Abend in der Dunkelheit überhaupt schwaches Licht als stärkeres empfindet, so dass 0.4 Lux immerhin als eine ziemlich gute Annäherung für die Stärke des Koronalichtes gelten dürfte.

Die Kurve der Beobachtungsergebnisse vom 22./VIII stellt den normalen Gang der Stärke der Sonnenstrahlung an einem ganz heiteren Tage dar, an dem die Lichtintensität von der Zenitdistanz der Sonne und den absorbierenden Eigenschaften der Atmosphäre abhängt, von welcher letzterer man weiss, dass sie die kurzwelligen Strahlen ganz besonders stark absorbiert. Bezeichnen wir die von der Sonnenscheibe herrührende Beleuchtung, welche bei einer willkürlichen Zenitdistanz ermittelt sein mag, mit E , so gilt folgende Beziehung:

$$E = E_0 \cdot e^{-kF(z)}, \quad (5)$$

wobei E_0 die Beleuchtungsstärke der Sonne ohne jegliche Erdatmosphäre, e die Basis der natürlichen Logarithmen und k den Absorptionskoeffizienten bedeuten, $F(z)$ aber den von den Strahlen in der Atmosphäre durchlaufenen Weg ausdrückt.

Für $z=0$ wird $F(z)=1$ angenommen.

An Stelle von e^{-k} kann man eine andere Konstante p einführen, die man Transmissionskoeffizient der Atmosphäre nennt. Dann nimmt (5) folgende Gestalt an:

$$E = E_0 \cdot p^{F(z)}. \quad (6)$$

Die Theorie dieser Frage ist ausführlich von A. Bemporad¹⁾ entwickelt worden, der eine besondere Tabelle für die

1) Winkelmann, Handbuch der Physik, Bd. VI, Tabelle auf Seite 581.

Werte von $F(z)$ in Abhängigkeit von der Zenitdistanz zusammengestellt hat.

Auf Grundlage der Kurve vom 22./VIII kann man die unbekanntenen Grössen E_0 und p sehr genau berechnen, indem man Bemporad's Werte für $F(z)$ benutzt.

Zu diesem Zweck wollen wir die Gleichung (6) zunächst folgendermassen schreiben:

$$\lg E = \lg E_0 + F(z) \cdot \lg p. \quad (7)$$

Setzen wir in (7)

$$\lg E_0 = x \text{ und } \lg p = y$$

und führen wir aus der Kurve verschiedene E und ihnen entsprechende Funktionen $F(z)$ ein, die einer speziellen Tabelle entnommen werden können, so ergibt sich ein Gleichungssystem in folgender Form:

$$\begin{aligned} x + F(z_1) y &= \lg E_1 \\ x + F(z_2) y &= \lg E_2 \\ \vdots & \\ x + F(z_n) y &= \lg E_n, \end{aligned} \quad (8)$$

aus dem sich x und y leicht ermitteln lassen.

Derartige Gleichungen kann man am leichtesten nach folgender Methode lösen. Indem man x und y z. B. aus der ersten und letzten Gleichung der Gruppe (8) errechnet, erhält man annähernde Werte x_0 und y_0 für die Unbekannten.

Darauf setze man in das Gleichungssystem ein:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + \xi \\ y &= y_0 + \eta, \end{aligned}$$

wobei ξ und η im Falle guter Beobachtungen kleine Grössen sind.

So erhält man ein Gleichungssystem für ξ und η , welches sich leicht nach der Methode der kleinsten Quadrate behandeln lässt.

Ich ermittelte auf diese Weise aus 11 Gleichungen zwischen 12 und $6^{1/2}$ x und y mit grosser Genauigkeit.

Es ergab sich aus diesen Berechnungen:

$$\begin{aligned}x_0 &= 5.00470 \\y_0 &= -0.09186 \\ \xi &= -0.00018 \\ \eta &= 0.00005 \\ \text{und } x &= 5.00452 \\ y &= -0.09181, \\ \text{oder } E_0 &= 101050 Lx \\ p &= 0.8095.\end{aligned}$$

Der Koeffizient p ist eine für unsere Atmosphäre sehr charakteristische Konstante. Je grösser p ist, um so durchsichtiger ist die Luft. Allem Anscheine nach ändert sich diese Grösse in ziemlich weiten Grenzen. Ihr mittlerer Wert wird = 0.835 angegeben. Auf hohen Bergen ist sogar 0.930 beobachtet worden.

Wenn wir weiter den Gang der Kurve vom 22./VIII verfolgen, so fällt bereits ohne jegliche Berechnungen auf, dass der Zweig vor 11^h zu hoch zu liegen kommt; d. h. die Durchsichtigkeit der Atmosphäre muss am Vormittag grösser gewesen sein als nachher.

Benutzt man den Wert für E_0 , der sich aus der übrigen Kurve folgern liess, so kann man p für die Morgenstunden berechnen.

Tabelle 3.

t	E	$F(z)$	p
7 ^h	$6.05 \cdot 10^4 Lx$	3.195	0.852
8	6.80	2.259	0.839
9	7.13	1.817	0.825
10	7.32	1.568	0.814
11	7.42	1.461	0.810

In der Tabelle (3) ist das Resultat dieser Berechnungen zusammengestellt. Am Morgen um 7^h ergibt sich die grösste Durchsichtigkeit der Luft, welche später allmählich abnimmt und von 11^h ab einen für diesen Tag konstanten Grad erreicht.

Der Charakter der Witterung am Tage der Finsternis war ein wenig von dem oben beschriebenen verschieden. Frühmorgens war der Himmel bewölkt, darauf trat wechselnde Bewölkung ein. Trotz-

dem weisen 2 Beobachtungen am Vormittag auf sehr starke Durchsichtigkeit hin, welche nachher abnimmt. Der Charakter der Witterung änderte sich schon nach dem I. Kontakt, worauf der Himmel bis zum Abend fast wolkenlos blieb, und dann auch die letzten Spuren von Bewölkung verschwunden waren.

Einen sehr interessanten Gang zeigt die Strahlungskurve zur Zeit der Finsternis. Nach dem Beginn der Finsternis senkt sich die Kurve anfangs allmählicher, darauf steiler und vor der Hauptphase wiederum allmählicher. Die Erhebung der Kurve nach der Hauptphase ähnelt dem entsprechenden Teil vor derselben. Aber es fällt sofort auf, dass ungeachtet der bedeutend grösseren Zenitdistanzen die Erhebung der umgekehrten Hälfte der Kurve viel steiler ist, als vor der Finsternis. Die Kurve überschreitet beträchtlich die Grenze der Kurve des nachfolgenden Tages und bleibt bis zum Abend höher als diese.

Die schwache Biegung der Kurve vor und nach der Hauptphase ist durch den bekannten Umstand bedingt, dass der Rand der Sonnenscheibe, infolge von Absorption durch die Sonnenatmosphäre, weniger Licht ausstrahlen kann, als der mittlere Teil. Dieses ist bereits an der rötlichen Färbung des Lichtes der Sonnensichel erkenntlich. Bei der Photometrierung wird durch Beobachtungen die allgemeine mittlere Grösse der Beleuchtung der Sonnenscheibe gemessen.

Um zur Zeit der Finsternis den Gang der erwähnten Erscheinung und die Veränderung der Durchsichtigkeit der Luft zu verfolgen, benutzte man folgende Methode.

In Zeitabständen von je 5 Min. berechnete man die Fläche des unbedeckten Teiles der Sonnenscheibe. Die Lichtintensität setzte man dieser strahlenden Fläche proportional. Indem man auf dieser Grundlage die fiktiven Beleuchtungen der ganzen Sonnenscheibe ausrechnete, ermittelte man die fiktiven Transmissionskoeffizienten.

Bei der Flächenberechnung ist in jedem Zeitmoment der Wert der Finsternisphase erforderlich, d. h. die Entfernung zwischen den Tangenten zu der Mond- und Sonnenscheibe, welche senkrecht zu der Verbindungslinie der Zentren beider Scheiben stehen.

Die relative Geschwindigkeit des Fortrückens dieser Tangenten berechnete man auf Grundlage der Kontaktmomente. Indem man durch die mittleren Geschwindigkeiten vor und

nach der Hauptphase eine Gerade zog, entnahm man graphisch für jede Phase die mittlere Geschwindigkeit, nach der man die Phase s berechnete, d. h. man nahm als erste Annäherung an, dass die Geschwindigkeit proportional mit der Zeit anwächst.

Der Astronom Witram¹⁾ gibt für die Geschwindigkeit der relativen Verrückungen der Zentren der Mond- und Sonnen-

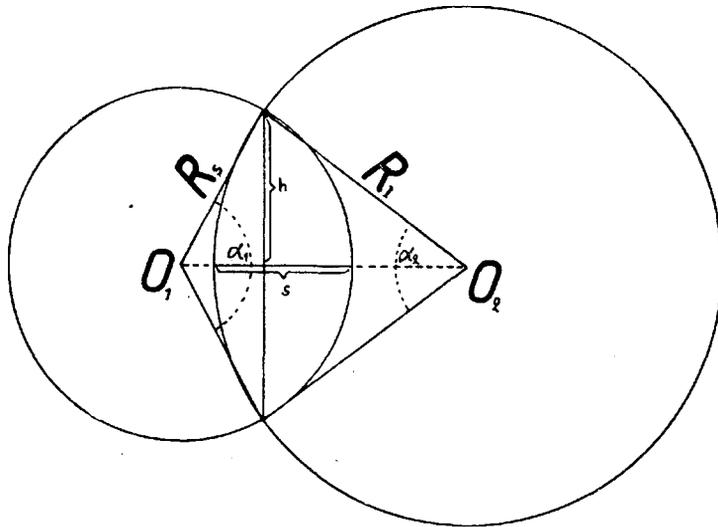


Fig. 6.

scheibe beim I. und IV. Kontakt $0''.444$ und $0''.487$ an. Die Gerade durch diese Punkte ist parallel zu meiner Geraden gelegen.

Die Dauer der Hauptphase ergab sich bei den Beobachtungen um $5-6^s$ kürzer, als die von den Astronomen vorausberechnete. Die Abweichung ist aller Wahrscheinlichkeit nach dem Umstande zuzuschreiben, dass der Mondradius im „Nautical Almanac“ zu gross angegeben ist²⁾.

Um auch für die Dauer der Hauptphase eine Übereinstimmung mit der Geschwindigkeit der relativen Weiterrückung der Tangenten zu erzielen, wie sie aus meiner Geraden sich folgern liess, sah ich mich gezwungen, überall bei meinen Berech-

1) Fürst B. B. Golicyyn, Berichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg 1915, p. 280.

2) Th. Witram, Berichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg 1914, p. 892.

nungen den scheinbaren Mondradius um 0'.023 zu verkleinern. Der scheinbare Mondradius nahm bei dieser Finsternis allmählich ab, anfangs langsamer, später schneller. Man kann bei der Berechnung der Fläche den mittleren Wert benutzen, welcher in der Umgebung der Hauptphase statthat. Falls man den Sonnenradius, wie gewöhnlich, = 1 (15'.813) annimmt, so ist der oben bezeichnete Radius = 1.030.

Bei der Berechnung der Flächen muss man die Summe zweier Kreissegmente ermitteln, wozu die ihnen zugehörigen Zentriwinkel erforderlich sind.

Für die Berechnung dieser Winkel kann man, auf die Abhängigkeit von den scheinbaren Radiussen der Mond- und Sonnenscheibe und der Phase der Finsternis Bezug nehmend, verschiedene Formeln entwickeln.

Aus der Fig. 6 folgen die Beziehungen:

$$h = R_s \sin \frac{\alpha_1}{2} = R_l \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

$$s = h \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{4} + \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{4} \right).$$

Hieraus kann man folgende Ausdrücke für α_1 und α_2 ableiten:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_1}{4} = \frac{s(2R_l - s)}{4R_s(R_l + R_s - s) - s(2R_l - s)}$$

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_2}{4} = \frac{s(2R_s - s)}{4R_l(R_l + R_s - s) - s(2R_s - s)}$$

Indem man die so berechneten Werte für α_1 und α_2 benutzte, bestimmte man die Flächen, die von der Mondscheibe bedeckt waren, darnach aber das Verhältnis der unbedeckten Fläche zur vollen Sonnenscheibe.

In der Tabelle (4) sind die Werte angegeben, welche bei diesen Berechnungen benutzt wurden. In der zweiten Rubrik stehen die Geschwindigkeiten, die sich auf die bezeichneten Momente beziehen, in der dritten aber die berechneten Phasen s .

Auf Grundlage der gegebenen s wurden die ihren Flächen zugehörigen Zentriwinkel errechnet.

Tabelle 4.

t	v	s
1 ^h 10 ^m	0".4459	0.4199
15	4474	0.5611
20	4489	0.7029
25	4504	0.8450
30	4519	0.9877
35	4535	1.1310
40	4550	1.2745
45	4565	1.4186
50	4580	1.5632
55	4596	1.7084
2 0	4611	1.8540
2 10	4642	1.9154
15	4657	1.7685
20	4672	1.6210
25	4687	1.4730
30	4702	1.3246
35	4717	1.1757
40	4733	1.0263
45	4748	0.8764
50	4763	0.7261
55	4778	0.5753
3 0	4793	0.4240
5	4808	0.2722
10	4823	0.1200

Tabelle 5.

t	E	$F(z)$	f	(E)	(p)
1 ^h 10 ^m	$6.70 \cdot 10^4 Lx$	1.468	0.887	$7.56 \cdot 10^4 Lx$	0.820
15	6.26	1.478	828	7.56	821
20	5.71	1.488	762	7.49	818
25	5.10	1.496	689	7.40	812
30	4.47	1.503	612	7.30	806
35	3.85	1.513	531	7.25	803
40	3.24	1.521	446	7.26	805
45	2.62	1.528	359	7.30	809
50	2.00	1.538	268	7.46	821
55	1.32	1.546	182	7.26	808
2 0	0.58	1.557	085	6.80	776
2 10	0.31	1.592	046	6.61	766
15	1.08	1.609	139	7.79	851
20	1.83	1.628	233	7.87	858
25	2.49	1.650	325	7.65	845
30	3.14	1.669	416	7.54	839
35	3.76	1.688	505	7.44	834
40	4.39	1.706	591	7.43	835
45	4.99	1.725	673	7.42	836
50	5.57	1.745	750	7.43	838
55	6.10	1.771	822	7.42	840
3 0	6.58	1.801	886	7.43	843
5	7.00	1.832	941	7.44	846
10	7.33	1.862	982	7.46	850

In der Tabelle (5) ist das höchst interessante Resultat der Berechnung der Beleuchtungsstärken in bezug auf die volle Sonnenscheibe und der auf Grundlage dieser Werte ermittelten Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre zur Zeit der Finsternis selbst zusammengestellt, zu welchem Zweck behufs Ermittlung der entsprechenden Werte von E die Strahlungskurve für die Finsternis nach der Abszissenachse in gedehnterem Massstabe gezeichnet wurde, worauf man aus dieser Kurve die E entnahm, die in der Tab. (5) eingetragen sind. f drückt das Verhältnis der unbedeckten Fläche zu der ganzen Sonnenscheibe aus.

Wenn man die Werte für (p) in der Tabelle betrachtet, so bemerkt man erstens, dass der mittlere Wert von (p) vor der Hauptphase um ein bedeutendes kleiner ist, als nach derselben. Dabei hätte man erwarten können, dass (p) um 2^h (zur Zeit der Hauptphase der Finsternis) die ganze Zeit hindurch kleiner ausfallen würde, als in den übrigen Zeiten, da die Lichtintensität, welche von der Flächeneinheit des Sonnenrandes ausgestrahlt wird, geringer ist, als die mittlere Lichtintensität von der Flächeneinheit der ganzen Sonnenscheibe.

In der folgenden Tabelle sind Angaben über die Veränderlichkeit der Intensität der Lichtstrahlung der Sonnenscheibe von der Mitte bis zu dem Rande zusammengestellt, wie man dieselben in der wissenschaftlichen Literatur vorfindet.

Die Entfernung vom Zentrum gezählt.	Die Lichtstrahlung.
0.0	1.00
0.2	0.98
0.4	0.94
0.6	0.87
0.8	0.75
0.9	0.64
0.95	0.55
1.00	0.37

Auf Grundlage dieser Zahlenwerte hätte man zur Zeit der Finsternis folgenden Gang der Veränderung der Grösse (p) zu erwarten gehabt. Nach dem I. und vor dem IV. Kontakt hätten sich die nach den Flächen berechneten Beleuchtungen (E) und auch (p) als grösser ergeben müssen, da dort die Beleuchtung von jenem Teil der Sonnenscheibe ausgeschlossen ist,

der verhältnismässig weniger Licht ausstrahlt. Mit der Zeit hätten (E) und (p) immer mehr abnehmen und vor dem II. und nach dem III. Kontakt ein Minimum aufweisen müssen, da die schmale Sichel bedeutend weniger Licht aussendet. In der Tabelle (5) bemerkt man in der Tat in beiden Fällen in der Umgebung der Hauptphase ein scharfes Minimum, welches ohne Zweifel darauf hinweist, dass der Sonnenrand weniger Licht aussendet. Ausserdem aber bemerkt man in der Tabelle für beide Kurvenzweige ein scharfes zweites Maximum. Dieses kann nur durch den Umstand erklärt werden, dass die Durchsichtigkeit der Luft bereits vor dem II. Kontakt sich vergrösserte und nach dem III. Kontakt eine bedeutende Grösse erreichte.

(E) und (p) hätten sich ohne diese Veränderungen der Eigenschaften der Atmosphäre in der Umgebung der Hauptphase als noch geringer ergeben.

Auf der Tabelle über die Veränderung der Intensität der Strahlung vom Zentrum nach dem Rande zu basierend, hätte man diesen Umstand weiter untersuchen können. In Anbetracht der erforderlichen ziemlich langen Berechnungen wurde diese Frage hier nicht weiter verfolgt, umsomehr, als die Tatsache des Auftretens der zweiten Maxima vor dem II. und nach dem III. Kontakt ausserordentlich scharf ausgeprägt ist. Nach dem IV. Kontakt senkt sich die Strahlungskurve wiederum ein wenig und erhebt sich dann von neuem etwas gegen Abend. Auf jeden Fall bleibt sie die ganze Zeit bedeutend höher als die Kurve des folgenden Tages. Wegen der geringeren Zenitdistanz am Tage der Finsternis war man berechtigt dieses zu erwarten; wenn man aber den Einfluss von z durch die Ermittlung von p ausschliesst, so ergibt sich deutlich, dass die Durchsichtigkeit nach der Finsternis grösser gewesen ist, als um dieselbe Zeit des darauffolgenden Tages.

In der Tabelle (6) sind die entsprechenden Werte für p für diesen Teil der Kurve zusammengestellt; in ihnen tritt der Charakter der Durchsichtigkeit der Atmosphäre nach der Finsternis am deutlichsten hervor.

Hier ist zu erwähnen, welche Angaben sich in der Literatur in bezug auf die Unsymmetrie der Kurvenzweige der Beleuchtungsstärken vor und nach der Hauptphase einer Finsternis finden lassen.

Tabelle 6.

t	E	$F(z)$	p
$3\frac{1}{2}^h$	$7.07 \cdot 10^4 Lx$	1.929	0.831
4	6.52	2.251	823
$4\frac{1}{2}$	6.03	2.623	821
5	5.44	3.161	822
$5\frac{1}{2}$	4.72	3.997	827
6	3.68	5.439	831
$6\frac{1}{2}$	2.38	8.533	844

Zuerst wurde diese eigentümliche Erscheinung in Spanien, bei der Finsternis vom 28./V 1900¹⁾, beobachtet. Auch dann entwickelte sich das Anwachsen der Strahlung nach der Hauptphase schneller, als das entsprechende Abnehmen vor der Hauptphase.

Elster und Geitel²⁾ kontrollierten diese Tatsache bei der Finsternis am 17./IV 1912, folgerten aber aus ihren Beobachtungen, dass keine deutliche Unsymmetrie festgestellt werden könne.

Bei derselben Finsternis vom 17./IV 1912 wurde ein Einfluss der Finsternis auf die Wellen der drahtlosen Telegraphie bemerkt³⁾, und zwar wurden in der zweiten Hälfte der Finsternis die Signale stärker wahrgenommen, als in der ersten. Diese Erscheinung könnte man freilich so deuten, dass vor der Finsternis die Luft durch die ultravioletten Sonnenstrahlen stärker ionisiert war als nachher und infolgedessen eine stärkere Dämpfung elektromagnetischer Wellen bewirkte.

In unserem Falle weisen die Beobachtungen über die Strahlung in Üxküll sehr scharf auf die Unsymmetrie in den beiden Kurvenzweigen vor und nach der Finsternis bezüglich der Lichtwellen hin.

Augenscheinlich ging irgendwo in den Luftschichten eine scharfe Veränderung nach der Finsternis vor sich. Die Durchsichtigkeit der Luft wurde beträchtlich grösser, wobei es auch

1) Cirera, Instructions pour l'observation de l'éclipse totale du soleil, Tortosa 1905.

2) Physikalische Zeitschrift **13**, 852. 1912.

3) С. Токмачевъ, Метеорологическій Вѣстникъ **22**, 403. 1912.

hier gelang das Maximum annähernd 10—15 Min. nach der Mitte der Finsternis zu konstatieren. Weiter beobachtet man nach dem IV. Kontakt wiederum eine schwache Abnahme des Koeffizienten p , welcher gegen Abend abermals etwas zunimmt. Am Morgen des darauffolgenden Tages ist noch bis 10 Uhr eine grössere Durchsichtigkeit der Atmosphäre deutlich zu bemerken (Tab. 3).

Bei einem solchen Gange der Erscheinungen ist es wohl klar, dass hierbei eine besondere Beziehung mit den Sonnenstrahlen bestehen muss. Die Wirkung äusserte sich bereits vor dem II. Kontakt, wo die Strahlung bedeutend abnahm, wobei als Folge sich eine erhöhte Durchsichtigkeit einstellte.

Der ganze Prozess der Zunahme dauert besonders energisch zu jener Zeit an, während welcher die Sonnenscheibe voll und ganz von dem Monde bedeckt ist, und wird einige Zeit nach dem III. Kontakt ein wenig schwächer, worauf bald von neuem eine langsame Veränderung in entgegengesetzter Richtung einsetzt.

Zur Erklärung eines solchen Verlaufes von p sind sehr glaubwürdige Hypothesen über die Einwirkung von ultravioletten Strahlen auf bestimmte Schichten der Atmosphäre aufgestellt worden, wonach sich in solchen Schichten unter der Einwirkung dieser Strahlen Nebelkerne bilden.

V. N. Obolenskij¹⁾ hat über diese Frage eine sehr interessante Arbeit veröffentlicht, in welcher speziell die Einwirkung der ultravioletten Strahlen auf die Erdatmosphäre behandelt und zugleich die ganze Literatur in bezug auf diese Frage besprochen wird.

Die Bildung von Kondensationskernen und ihre Erhaltung unter dem Einfluss von ultravioletten Strahlen ist eine Tatsache, die durch das Experiment bewiesen ist und die oben beobachtete Erscheinung bei der Finsternis sehr gut erklärt, um so mehr, da eine analoge Einwirkung überhaupt bei einer Abnahme der Strahlung, nämlich gegen Abend, beobachtet wird, wobei bei klarem Wetter die Durchsichtigkeit nachts bedeutend grösser sein muss, als am Tage. Dieses leuchtet auch nach den Beobachtungen der Tabelle (3) ein, nach welcher am Morgen des

1) В. Н. Оболенскій, Фотоэлектрическое дѣйствіе ультрафіолетовыхъ лучей примѣнительно къ земной атмосферѣ, Зап. Новоросс. Общ. Естествозн. 39. 1913.

22./VIII nach einer längeren Einwirkung der Sonnenstrahlen p eine für diesen Tag konstante Grösse annahm.

Ohne Zweifel sind dabei aber auch andere meteorologische, mit der Wärmestrahlung der Sonne in Verbindung stehende Faktoren von grosser Bedeutung, so ganz besonders eine Verschiebung der Luftschichten in vertikaler Richtung, die eine grössere Veranlagung der Luft zur Bildung von Kondensationskernen bedingen kann.

Das erkennt man am deutlichsten daran, dass am Morgen des 22./VIII die im Laufe der Nacht erreichte Durchsichtigkeit ganz besonders lange erhalten blieb und dass deren Grösse überhaupt von Tag zu Tag gewissen Veränderungen unterworfen ist. So ergibt sich z. B. aus den Beobachtungen für den 24./VIII bereits eine geringere Durchsichtigkeit.

Schon aus der kleinen Beobachtungsserie in Ü x k ü l l ersieht man, dass die Grösse p hinsichtlich unserer Atmosphäre eine sehr wichtige Rolle spielen muss, und es ist sehr wahrscheinlich, dass eine detailliertere Untersuchung in dieser Richtung der Meteorologie sehr wichtige Dienste erweisen könnte.

Dabei erweist sich das Kristallphotometer von Wild wegen seiner Empfindlichkeit und in seiner neuen Ausstattung der modernen Technik mit elektrischer Beleuchtung entsprechend als ein sehr brauchbares Instrument zur Untersuchung von höheren Luftschichten und dürfte zur Beantwortung einiger Fragen der Wetterbestimmung sehr empfehlenswert sein. Wenn man in seiner Konstruktion einige Verbesserungen anbringen würde, z. B. eine bequemere Vorrichtung für die Adjustierung des Polarisators, für die Röhre des Polariskops und des Mikroskops für Ablesungen, Knierteile mit Prismen, welche gestatten würden die Beobachtungen an der Sonne auch bei kleineren Zenitentfernungen auszuführen, könnte dieser Apparat in eines der bequemsten und genauesten Instrumente zur Untersuchung der Durchsichtigkeit unserer Atmosphäre verwandelt werden.

Es wäre von Interesse auszurechnen, von welcher Stärke eine Lichtquelle sein müsste, die der Sonnenscheibe entsprechen und bei uns ohne die Absorption durch unsere Atmosphäre die Beleuchtung $E_0 = 101050 \text{ Lux}$ bewirken würde. Diese Grösse lässt sich auf Grundlage des Beobachtungsmaterials vom 22./VIII mit grosser Genauigkeit bestimmen.

Zu diesem Zweck setzen wir die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde $R = 149.5 \cdot 10^9 m$ an. Dann ergibt sich aus der Beziehung

$$E = \frac{J}{R^2}$$

die ungeheure Zahl

$$J = 2.26 \cdot 10^{27} \text{ HK.}$$

Dieser Wert entspricht nur der Lichtstärke der Sonnenscheibe, wobei die Ränder infolge von Absorption durch die Sonnenatmosphäre weniger Licht aussenden. Die Lichtstärke der ganzen Sonnenkugel übersteigt diese Zahl um mehr als 4 mal und würde annähernd $11.5 \cdot 10^{27} \text{ HK}$ gleichkommen.

Für die Beleuchtungsstärke der Sonnenkorona erhielt man durch eine grobe Extrapolation $E_c = 0.4 \text{ Lux}$. Dieser sehr schwachen Helligkeit in der Entfernung der Sonne würde entsprechen

$$J_c = 9 \cdot 10^{21} \text{ HK.}$$

Hieraus erkennt man, welch ungeheure Quelle von Lichtenergie die Sonnenkorona darstellt.

Wollen wir weiter in Betracht ziehen, welche Werte für die Beleuchtungsstärke der Korona früher gefunden worden sind, soweit sie mir in der Literatur zugänglich waren.

Es sind beobachtet worden:

im Jahre 1870 ¹⁾	5.75 Meterkerzen
1878	0.64 „
1886	0.34 „
1889	0.12 „
1893 ²⁾	3.5 „

Die Schätzungen 5.75 und 3.5 muss man ohne Zweifel für viel zu gross halten, und es ist auch kaum annehmbar, dass die Beleuchtungsstärke im Laufe der Zeit solch ungeheuren Schwankungen unterworfen sein könne. Die Korona des Jahres 1914 erschien allen Spezialisten in dieser Frage als ausserordentlich hell, und trotzdem ergab eine Schätzung den Wert von 0.4 Lux .

1) G. Müller, Die Photometrie der Gestirne, 1897, p. 331.

2) Svante Arrhenius, Lehrbuch der kosmischen Physik, 1903, p. 114.

Das Gesamtergebnis der vorliegenden Untersuchung lässt sich kurz folgendermassen zusammenfassen:

Das Kristallphotometer von Wild, welches im allgemeinen nur sehr wenig Verwendung gefunden hat, stellt in seiner neuen Ausstattung einen im höchsten Grade empfindlichen Apparat für die Untersuchung der Lichtstrahlung der Sonne und der Durchsichtigkeit der Erdatmosphäre dar.

Die Zahlenwerte Bemporad's für die Weglänge der die Atmosphäre durchlaufenden Strahlen ergaben in einem grossen Intervall der Strahlungskurve des heiteren Tages vom 22./VIII sehr übereinstimmende Werte für die Strahlungskonstante der Sonne und den Transmissionskoeffizienten der Luft. Die Durchsichtigkeit war am Morgen bedeutend grösser als nachher.

Zur Zeit der Finsternis vom 21./VIII 1914 wurde eine sehr scharfe Unsymmetrie zwischen dem ab- und dem ansteigenden Kurvenzweige der Lichtstrahlung vor und nach der Hauptphase festgestellt, welche dadurch bedingt zu sein schien, dass die Durchsichtigkeit der Luft nachher bedeutend grösser geworden war.

Kurz vor und kurz nach der Hauptphase liess sich auf Grund der Bestimmungen aus den beiden Kurvenzweigen eine erhöhte Durchsichtigkeit folgern, wobei das Maximum 10—15 Min. nach der Hauptphase eingetreten ist.

Die Absorption durch die Sonnenatmosphäre macht sich in ihrer Wirkung auf die Lichtstärke in der Nähe der Hauptphase scharf geltend.

Die Helligkeit der diesmaligen Sonnenkorona wird auf 0.4 *Lux* geschätzt.

INSTITUTUM PHYTOPATHOLOGICUM UNIVERSITATIS TARTUENSIS
TARTU, RAADI MÕIS, ESTONIA

**FUNGI ESTONICI EXSICCATI,
UREDINACEAE**

II

EDIDIT

E. LEPIK

TARTU 1936

Dieser Faszikel bildet die Fortsetzung der Darstellung der Uredinazeen Estlands, deren erster Teil im Faszikel II¹⁾ erschienen ist.

Der von Prof. T. Lippmaa²⁾ gegebenen pflanzengeographischen Gliederung Estlands entsprechend sind bei den Fundorten folgende geobotanische Abkürzungen eingeführt worden:

Emoc	=	Estonia	maritima	occidentalis
Emor	=	„	„	orientalis
Emb	=	„	„	borealis
Lh	=	Litorale	heademeesteense	
Einf	=	Estonia	inferior	
Eint	=	„	intermedia	
Ecl	=	„	clivosa	
Esup	=	„	superior	
Alt	=	Alutagia		
Emed	=	Estonia	media	
Eor	=	„	orientalis	
Esar	=	„	sarmatica	

Die in diesem Faszikel für Estland neuen Arten sind mit zwei Sternen (***) und die für Estland neuen Wirtspflanzen mit einem Stern (*) vor der Nr. versehen. Die neuen Wirtspflanzen (nov. hosp.) sind fett gedruckt.

Als neue Wirtspflanzen erscheinen in diesem Faszikel folgende:

1) Lepik, E. Fungi Estonici exsiccati, fasc. I, Tartu 1931; fasc. II, 1934.

2) Lippmaa, T. Eesti geobotaanika põhiõooni. Aperçu géobotanique de l'Estonie. Acta et Comment. Univ. Tartuensis A XXVIII, 4. 1935.

Alopecurus antarcticus Wahl für *Puccinia graminis* Pers. —
Cinna latifolia Grieseb. für *Puccinia coronata* Corda, neu für
 Europa. — *Oenothera acaulis* Cav. für *Pucciniastrum epilobii* Otth.
 — *Cirsium arvense* (L.) Scop. var. *horridum* Koch für *Puccinia*
suaveolens (Pers.) Rostr.

Index.

101. *Chrysomyxa ledi* de Bary: *Ledum palustre* L.
- *102. *Coleosporium campanulae* (Pers.) Lév.: *Campanula latifolia* L.
103. — —: *Campanula rotundifolia* L.
104. — *inulae* Rabenhorst: *Inula helenium* L.
- *105. *Cronartium flaccidum* (Alb. et Schw.) Winter: *Paeonia anomala* L.
106. *Hyalospora polypodii* P. Magn.: *Cystopteris fragilis* Bernh.
107. *Melampsora helioscopiae* Winter: *Euphorbia helioscopia* L.
- **108. *Phragmidium Andersoni* Shear: *Potentilla fruticosa* L.
109. — *potentillae* (Pers.) Karst.: *Potentilla argentea* L.
110. *Puccinia aecidii-leucanthemi* Ed. Fischer: *Chrysanthemum leucanthemum* L.
- **111. — *Andersoni* B. et Br.: *Cirsium heterophyllum* (L.) All.
112. — *bardanae* Corda: *Arctium majus* Bernh.
113. — *Baryi* (Berk. et Br.) Winter: *Brachypodium pinnatum* P. B.
114. — *bistortae* (Str.) DC.: *Polygonum bistorta* L.
115. — —: *Polygonum viviparum* L.
116. — *brunellarum-moliniae* Cruchet: *Brunella vulgaris* L.
117. — *centaureae-caricis* Tranzschel: *Centaurea jacea* L.
- *118. — *coronata* Corda: *Cinna latifolia* (Trev.) Grieseb.
119. — *crepidis* Schroeter: *Crepis tectorum* L.
120. — *dioicae* P. Magn.: *Cirsium heterophyllum* All.
121. — —: *Cirsium olearaceum* Scop.
122. — —: *Cirsium palustre* L.
123. — *galii* (Pers.) Winter: *Galium mollugo* L.
124. — —: *Galium verum* L.
125. — *glechomatis* DC.: *Glechoma hederacea* L.
- *126. — *graminis* Pers.: ***Alopecurus antarcticus*** Wahl nov. hosp.
127. — *hittoralis* Rostrup: *Sonchus arvensis* L. var. *maritimus* Wahlb.
- *128. — *lolii* Niels.: *Sesleria coerulea* (L.) Scop.
- *129. — *menthae* Pers.: *Mentha aquatica* L.
- *130. — —: *Mentha piperita* L.
131. — *Passerini* Schroeter: *Thesium ebracteatum* Hayne.
132. — *petroselini* (DC.) Lindroth: *Aethusa cynapium* L.
133. — *phragmitis* (Schum.) Koern: *Rumex crispus* L.
134. — *poarum* Niels: *Tussilago farfara* L.
- **135. — *pratensis* Blytt: *Avena pratensis* L.
136. — *pruni-spinosae* Pers.: *Prunus domestica* L.
- *137. — *suaveolens* (Pers.) Rostr.: *Cirsium arvense* (L.) Scop. var. ***horridum*** Koch.

- *138. *Pucciniastrum epilobii* Otth.: *Epilobium hirsutum* L.
 *139. — —: *Oenothera acaulis* Cavanilles nov. hosp.
 140. — padi (Kunze et Schmidt) Dietel: *Picea excelsa* L.
 141. — —: *Prunus Padus* L.
 **142. *Uromyces cristatus* Schroet. et Niessl.: *Viscaria vulgaris* Roehl.
 143. — fabae (Pers.) de Bary f. sp. craccae Ed. Fischer: *Vicia cracca* L.
 144. — inaequaltus Lasch.: *Silene nutans* L.
 145. — minor Schroeter I: *Trifolium montanum* L.
 146. — — II, III: *Trifolium montanum* L.
 147. — rumicis (Schum.) Wint.: *Rumex aquaticus* L.
 *148. — —: *Rumex hydrolapathum* Huds.
 149. — scrophulariae (DC.) Fuckel: *Scrophularia nodosa* L.
 **150. — mirabilissima (Peck) Magnus: *Mahonia aquifolium* Nutt.

Index nominum estonicorum.

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| Aaskaera-rooste 135. | Oblika-rooste 147, 148. |
| Aruluste-rooste 113. | Ohaka-rooste 137. |
| Hiireherne-rooste 143. | Pajulille-rooste 138. |
| Jaanikakra-rooste 110. | Piimalille pigirooste 107. |
| Kahekojane rooste 120, 121, 122. | Piimohaka lajurooste 127. |
| Kassiratta-rooste 125. | Ploomi-rooste 136. |
| Kellukate-põisrooste 102, 103. | Pojengi viltrooste 105. |
| Koeraputke-rooste 133. | Põisjala-rooste 106. |
| Kroonjas rooste 118. | Põisrohu-rooste 144. |
| Kroonrooste 128. | Põösasmarana tõlvrooste 108. |
| Kuningakäpa-rooste 139. | Ristiku-rooste 145, 146. |
| Kuuse käbiprooste 140, 141. | Roo-rooste 133. |
| Kuuse okkarooste 101. | Sealõuarohu-rooste 149. |
| Kõrrerooste 126. | Takja-rooste 113. |
| Käbiheina-rooste 116. | Tarna-rooste 117. |
| Linalehiku-rooste 131. | Tõrvalille-rooste 142. |
| Madara rooste 123, 124. | Unditubaka rooste 119. |
| Mahoonia-rooste 150. | Ussitatra-rooste 114, 115. |
| Marana-tõlvrooste 109. | Vaagi põisrooste 104. |
| Mündi-rooste 129, 130. | Villohaka-rooste 111. |
| Nurmiku-rooste 135. | |

Index matricum.

- | | |
|---|--|
| <i>Aethusa cynapium</i> L. 132. | * <i>Campanula latifolia</i> L. 102. |
| * <i>Alopecurus antarcticus</i> Wahl nov.
hosp. 126. | <i>Campanula rotundifolia</i> L. 103. |
| <i>Aretium majus</i> Bernh. 112. | <i>Centaurea jacea</i> L. 117. |
| * <i>Avena pratensis</i> L. 135. | <i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L. 110. |
| <i>Brachypodium pinnatum</i> P. B. 113. | * <i>Cinna latifolia</i> (Trev.) Grieseb. 118. |
| <i>Brunella vulgaris</i> L. 116. | * <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. var. <i>horridum</i> Koch 137. |

- **Cirsium heterophyllum* (L.) All. 111, 120.
Cirsium olearaceum Scop. 121.
Cirsium palustre L. 122.
Crepis tectorum L. 119.
Cystopteris fragilis Bernh. 106.
**Epilobium hirsutum* L. 138.
Euphorbia helioscopia L. 107.
Galium mollugo L. 123.
Galium verum L. 124.
Glechoma hederacea L. 125.
Inula helenium L. 104.
Ledum palustre L. 101.
**Mahonia aquifolium* Nutt. 150.
**Mentha aquatica* L. 129.
**Mentha piperita* L. 130.
**Oenothera acaulis* Cav. nov. hosp. 139.
**Paeonia anomala* L. 105.
Picea excelsa L. 140.
Polygonum bistorta L. 114.
Polygonum viviparum L. 115.
Potentilla argentea L. 109.
Potentilla fruticosa L. 108.
Prunus domesticus L. 136.
Prunus padus L. 141.
Rumex aquaticus L. 147.
Rumex crispus L. 133.
**Rumex hydrolapathum* Huds. 148.
Scrophularia nodosa L. 149.
**Sesleria coerulea* (L.) Scop. 128.
Silene nutans L. 144.
Sonchus arvensis L. 127.
Thesium ebracteatum Hayne 131.
Trifolium montanum L. 145, 146.
Tussilago farfara L. 134.
Vicia cracca L. 143.
**Viscaria vulgaris* Roehl 142.

Literatur.

- Arefjew, L. A., Арефьевъ, Л. А., Виды рода *Uromyces* Прибалтійскаго края. (Die *Uromyces*arten der Ostseeprovinzen, russisch.) Riga 1916.
— Виды рода *Puccinia* Прибалтійскаго края. (Die *Puccinia*arten der Ostseeprovinzen, russisch.) St. Petersburg 1917.
Bucholtz, F., Die *Puccinia*arten der Ostseeprovinzen Russlands. Archiv f. d. Naturk. Liv-, Ehst- und Kurlands, Bd. 13, Lief. 1, 1905, p. 1—60.
Ebenso in *Annales Mycologici*, Bd. 3, 1905, p. 437—461.
— Бухгольцъ, Ф., Матеріалы къ флорѣ грибовъ острова Эзеля. (Materialien zur Pilzflora der Insel Ösel, russisch.) St. Petersburg 1916.
— Mycologische Notizen I. Sitzungsber. Nat.-Ges. Dorpat 28, 1921, p. 10—11.
Dietrich, H. A., Blicke in die Kryptogamenwelt der Ostseeprovinzen. Archiv f. d. Naturk. Liv-, Ehst- und Kurlands, Ser. II, Bd. 1, 1856, p. 261—414. Zweite Abteilung ebenda, 1859, p. 487—838.
— *Plantarum florum Balticae cryptogamarum centuriae I—IX. Revaliae 1852—1857.*
Ferle, Fr. Die erste und zweite Rostenquete in Livland. Balt. Wochensch. f. Landw. 1907, p. 385—388; 1908, p. 257—258.
Fischer, Eduard. Die Uredineen der Schweiz. Beiträge zur Krypt. d. Schweiz, Bd. 2, Heft 2, Bern 1904.
Gobi, Chr. und Tranzschel, Wl., Гоби, Хр. и Траншель, Вл., О ржавчинныхъ грибахъ (*Uredineae*) С.-Петербургской губерніи и въ некоторыхъ частяхъ соседнихъ съ нею Эстляндіи, Выборгской и Новгородской губерніи. Die Rostpilze (*Uredineen*) des Gouvernements St. Petersburg, der angrenzenden Teile Est- und Finn-

- lands und einiger Gegenden des Gouvernements Nowgorod. Scripta bot. Horti Univ. Imp. Petropolitanae, vol. 3, 1890—1892, p. 1—13, 65—128.
- Käsebier, A. Statistiline kokkuvõte meie põlluviljadel ja viljapuudel esinevate tähtsamate seenhaiguste ja tegelikkudes majapidamistes nende vastu tarvitatud võitlusabinõude kohta 1924. aastal. Statistische Zusammenfassung der wichtigsten Pflanzenkrankheiten unserer Kulturpflanzen und Obstbäume und der gegen sie in der praktischen Landwirtschaft im Jahre 1924 angewandten Schutzmittel. Mitt. Phytopathol. Versuchsst. Nr. 2, 1926.
- Klebahn, H. Einige Beobachtungen und Versuche über den Mahonia-Rost. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 45, 1935, p. 529—537.
- Klebahn, H. Uredineen in: Kryptogamenflora der Mark Brandenburg und angrenzender Gebiete. Bd. Va, Pilze III. Leipzig 1914.
- Lepik, E., Fütopatoloogilised märkmed 1. Phytopathologische Notizen 1. Mitt. Phytopathol. Versuchsst. Nr. 1, 1926.
- Fütopatoloogilised märkmed 2—8. Phytopathologische Notizen 2—8. Ebenda Nr. 7, 1931.
- On the Fungus flora of Ruhnu (Runö) Island. Annal. Soc. rebus nat. invest. Univ. Tartuensis, vol. 42, 1935; Bulletin of Phytopath. Exp. Stat. No 29.
- Liro, J. Ivar, Uredineae Fennicae. Bidrag till Kännedom af Finlands Natur och Folk LXV, 7, Helsingfors 1908.
- Minkevičius, A. Fungi parasitici, fasc. I. Kaunas 1935.
- Muschinskij, J. J., Мушинский, Я. Я., Экскурсия въ окрестностях Юрьева. (Eine Exkursion in die Umgebung Jurjews, russisch.) Acta Horti Bot. Jurjew 12, 1911, p. 336—338.
- Poeeverlein, H. Die Gesamtverbreitung der *Uropyxis sanguinea* in Europa. Annal. Mycol. 30, 1932, p. 402—404.
- Smarods, J. Fungi Latvici exsiccati, fasc. I—XII. Riga 1931—1935.
- Sydow, P. et H., Monographia Uredinearum seu specierum omnium ad hunc usque diem descriptio et adumbratio systematica. Vol. I: Genus Puccinia, 1904; vol. II: Genus Uromyces, 1910; vol. III: Puccinia-cea, Melampsoraceae, Zaghonaniaceae, Coleosporiaceae, 1915; vol. IV: Uredineae imperfectae, 1924. Lipsiae.
- Treboux, O., Verzeichnis der parasitischen Pilze aus dem Kreis Pernau, Korresp.-Bl. Nat.-Ver. zu Riga, Bd. 55, 1912, p. 91—101.
- Vestergrén, T., Zur Pilzflora der Insel Oesël. Hedwigia, Bd. 40, 1903, p. 76—117.

101. **Chrysomyxa ledi** de Bary (1879). — Kuuse-okka-rooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 504; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 710; Dietrich (1856) p. 281, Cent. VI, 9 (sub *Uredo Ledi* Alb. A. Schw.); Bucholtz (1916) p. 17; Treboux (1912) p. 94.

Matrix: *Ledum palustre* L., in foliis vivis, saepe.

Ruhnu (Runõ) insula (Emoc), Keloskiarre, in silvis paludosis.

15. VI 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Ein Frühjahrsausbruch auf den vorjährigen überwinterten Blättern.

- *102. **Coleosporium campanulae** (Pers.) Lév. (1847). — Kellukate põisrooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 628; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 738; Dietrich (1856) p. 281 (sub *Uredo Campanularum* Pers.); Vestergren (1903) p. 84; Bucholtz (1916) p. 18; Treboux (1912) p. 94.

Matrix: *Campanula latifolia* L., stat. uredosp.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

VII—IX 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Bis jetzt in Estland gefunden auf: *Campanula glomerata*, *C. rapunculoides*, *C. Trachelium*, *C. patula*, *C. rotundifolia* und *C. Speculum* Wahlb. (an letzter Stelle von Dietrich).

103. **Coleosporium campanulae** (Pers.) Lév. (1847). — Kellukate põisrooste. Lit. vide Nr. 102.

Matrix: *Campanula rotundifolia* L., stat. uredosp.

Tartumaa (Emed), in collibus siccis ad villam Annemõis prope urbem Tartu.

4. VIII 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Vide Nr. 102.

104. **Coleosporium inulae** Rabenhorst (1851). — Vaagi põisrooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 609; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 744; Dietrich (1856) p. 282, Cent. IV, 9 (sub *Uredo Inulae sp. nov.*), (1859) p. 492; Treboux (1912) p. 94.

Matrix: *Inula helenium* L., stat. uredosp., in foliis vivis. Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

16. VIII 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Der Pilz ist bisher nur einmal auf *Inula helenium* von O. Treboux (l. c.) in Tori bei Pärnu gefunden worden. Bei Dietrich (Cent. IV, 9) ist als Wirtspflanze *Inula salicinum* angegeben.

*105. **Cronartium flaccidum** (Alb. et Schw.) Winter (1881). — Pojengi viltrooste.

[= *Cr. asclepiadeum* (Willd.) Fries.] Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 560; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 723; Lepik (1934) Fungi eston. exsicc. II, Nr. 52.

Matrix: *Paeonia anomala* L., stat. teleutosp., in foliis vivis. Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

19. IX 1935.

leg. E. Lepik.

106. **Hyalospora polypodii** P. Magn. (1901). — Põisjaladrooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 496; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 859; Dietrich (1856) p. 280 (sub *Rubigo Filicum* Klotzsch), Cent. VI, 6; Vestergren (1903) p. 94 (sub *Pucciniastrum Polypodii* Diet.).

Matrix: *Cystopteris fragilis* Bernh., stat. uredosp. Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

VI — VII 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Dieser Pilz ist bisher in Westestland (Einf) und in Saaremaa auf Oesel (Emoc) gefunden worden.

107. **Melampsora helioscopiae** Winter (1881). — Piimalille pigirooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 377; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 808; Ed. Fischer (1904) Ured. d. Schweiz p. 508, pr. p.; Dietrich (1856) p. 278, Cent. I, 10 (sub *Uredo scutellata* Pers.), p. 280, Cent. II, 6 (sub *Uredo Euphorbiae* Pers.).

Matrix: *Euphorbia helioscopia* L., soris uredosporiferis cum paraphysibus capitalis et teleutosp. (raro!), in foliis caulibusque vivis. In agris et hortis, saepe.

Tartumaa (Emed), in agris villae Raadi prope urbem Tartu.

14. X 1933.

leg. E. Lepik.

Nota. Diese Form, sensu stricto nach W. Müller, repräsentiert in Estland den häufigsten Rostpilz auf Euphorbiaarten.

108. **Phragmidium Andersoni Shear (1902). — Põõsamarana tõlvrooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 104; Smarods (1933) Fungi Latvici exsicc. VI, Nr. 262.

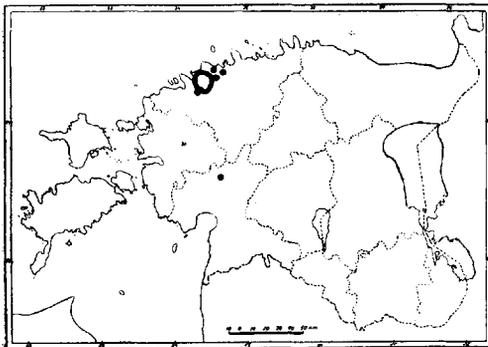
Matrix: *Potentilla fruticosa* L., stat. uredosp. et teleutosp., cum *Darluca filo*, in foliis vivis.

Harjumaa (Emb), Harku prope urbem Tallinn.

15. IX 1935.

leg. Hugo Salasoo.

det. E. Lepik.



Die Verbreitung von *Potentilla fruticosa* in Estland.

Nota. Dieser Pilz war bisher in Nordamerika, Kanada und Schweden bekannt (vgl. Sydow, l. c.). Vor einigen Jahren hat J. Smarods (l. c.) ihn in Lettland entdeckt. In Estland kommt er zusammen mit seiner Wirtspflanze auf einzelnen, ziemlich grossen Flecken zwischen Keila und Harku bei der Stadt Tallinn vor und ist hier als eine Reliktpflanze zu betrachten. (E. Lepik).

109. **Phragmidium potentillae** (Pers.) Karst. (1879). —
Marana tõlvrooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 97; Klebahn
(1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 688; Dietrich
(1856) p. 291, Cent. I, p. 58; Vestergren (1903)
p. 86; Treboux (1912) p. 95; Bucholtz (1916)
p. 17.

Matrix: *Potentilla argentea* L., stat. uredosp. et teleu-
tosp., in foliis vivis.

Tartumaa (Emed), in agris Jumisaaremägi (Annemõis)
prope urbem Tartu.

16. IX 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Dieser Pilz auf *Potentilla argentea* kommt in Estland häufig vor
und ist früher von Dietrich, Vestergren, Treboux und Bucholtz
(auf *Potentilla minor*) beobachtet worden.

110. **Puccinia aecidii-leucanthemi** Ed. Fischer (1898). —
Jaanikakra-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 663; Ed. Fischer
Ured. d. Schweiz (1904) p. 277; Vestergren (1903)
p. 87; Bucholtz (1905) p. 13, (1916) p. 12; Aref-
jew (1917) p. 67.

Matrix: *Chrysanthemum leucanthemum* L. (*Leucanthe-
mum vulgare* Lam.), stat. aecidiosp., in foliis vivis.

Saaremaa (Oesilia) insula (Emoc), Kaarma prope
urbem Kuresaare, in pratis, saepe.

21. VI 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Die Aecidien auf *Chrysanth. leucanth.* sind nur stellenweise auf
Laubwiesen zu finden (bis jetzt auf Saaremaa, in Pala und bei Rakvere). An
diesen Stellen kommt der Pilz massenhaft vor, an anderen Stellen fehlt er
vollständig, obwohl sein Wirt zu den häufigsten Pflanzen Estlands gehört.

111. **Puccinia Andersoni B. et Br. (1875). — Villohakka-
rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 58.

Matrix: *Cirsium heterophyllum* (L.) All., stat. teleuto-
spor., in foliis vivis.

Tartumaa (Emed), in silvis Mudaniku (Ilmatsalu) prope urbem Tartu.

25. VII 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Dieser Pilz wird in der Literatur gewöhnlich als *Puccinia cnici-oleracei* Pers. angegeben; H. Sydow (in litt.) ist aber der Meinung, dass man *Puccinia Andersoni* und *Puccinia cnici-oleracei* auseinanderhalten solle.

112. **Puccinia bardanae** Corda (1846). — Takja-rooste. Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 113; Dietrich (1856) p. 289, 491; Cent. I, 53 et Cent. VIII, 10; Gobi (1892) p. 84.

Matrix: *Arctium majus* Bernh. (= *Lappa major* Gaertn.), stat. uredosp. et teleutosp., in foliis vivis. Tartumaa (Emed), in horto botanico Univ. Tartuensis. 9. X 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. *Puccinia bardanae* ist in Estland ziemlich verbreitet, tritt aber nie massenhaft auf. Auf *Arctium majus* ist sie bisher nur von Gobi in Nord-estland beobachtet worden. Ausserdem hat man sie noch auf *Arctium tomentosum* Hill gesehen.

113. **Puccinia Baryi** (Berk. et Br.) Winter (1884). — Aruluste-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 737; Liro (1908) Ured. Fennicae p. 175; Bucholtz (1905) p. 20, (1916) p. 12; Arefjew (1917) p. 96.

Matrix: *Brachypodium pinnatum* P. B., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis vivis, raro.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

VII—IX 1935.

leg. E. Lepik.

114. **Puccinia bistortae** (Str.) DC. (1815). — Ussitatra-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 571; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 338; Dietrich (1856, 1859) p. 288, 491, 495 (sub *Puccinia Polygonarum*

Schlecht d) *vivipari* Dietr., *Uredo bistortarum* DC.), Cent. IX, 3, 30; Bucholtz (1905) p. 29 (sub *Puccinia bistortae*); Treboux (1912) p. 96 (sub *Puccinia bistortae*).

Matrix: *Polygonum bistorta* L., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis, petiolis caulibusque; non raro.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

6. IX 1934.

leg. E. Lepik.

115. **Puccinia bistortae** (Str.) DC. (1815). — Ussitatra-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 571; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 338; Dietrich (1856) p. 288, 491, 495, Cent. IX, 3, 30; Bucholtz (1905) p. 29.

Matrix: *Polygonum viviparum* L., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis vivis.

Virumaa (Esup), Pajusti prope urbem Rakvere, in querceto, saepe.

28. VI 1934.

leg. R. Toomre.

116. **Puccinia brunellarum-moliniae** Cruchet (1906). — Käbiheina-rooste.

Ed. Fischer (1904) Ured. d. Schweiz p. 552; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 474; Liro (1908) Ured. Fenn. p. 178; Vestergren (1903) p. 84.

Matrix: *Brunella vulgaris* L., stat. aecidiosp., in foliis vivis.

Saaremaa (Oesilia) insula (Emoc), Loodemets prope urbem Kuressaare.

20. VI 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. *Pucc. brun.-mol.* ist in Estland nicht gemein, obwohl die beiden Wirtspflanzen (*Brunella vulgaris* und *Molinia coerulea*) sehr verbreitet sind. Die Aecidien sind früher nur einmal von Vestergren (l. c.), ebenfalls auf der Insel Saaremaa, gefunden worden.

117. **Puccinia centaureae-caricis** Tranzschel. — Tarna-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 660; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 516; Liro (1908) Ured. Fenn. p. 205; Dietrich (1856) p. 284 (sub *Aecidium rubellum*), Cent. II, 30; Vestergren (1903) p. 93; Bucholtz (1916) p. 13; Treboux (1912) p. 98.

Matrix: *Centaurea jacea* L., stat. aecidiosp., in foliis vivis, copiose.

Saaremaa (Oesilia) insula (Emoc), in pratis Kastiet Murratsi prope urbem Kuressaare.

16. VI 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Dieser Pilz ist für die Strandwiesen der Insel Saaremaa (Ösel) charakteristisch. Die Aecidien auf *Centaurea jacea* sind früher auf der Insel Saaremaa von Dietrich, Vestergren und Bucholtz mehrmals gefunden worden. Besonders massenhaft werden die beiden Wirtspflanzen (*Centaurea jacea* und *Carex montana*) auf denjenigen Wiesen vom Pilz befallen, wo beide Wirtspflanzen nebeneinander wachsen. Auf dem Festlande dagegen fehlen die Aecidien auf *Centaurea jacea* fast vollständig. Sie sind hier nur einmal bei Pärnu von Treboux beobachtet worden.

*118. **Puccinia coronata** Corda (1837). — Kroonjas-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 699; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 630; Liro (1908) Ured. Fenn. p. 115.

Matrix: *Cinna latifolia* (Trev.) Grieseb. (= *Cinna pendula* Trev.), stat. uredosp. (et teleutosp.), in foliis vivis.

Tartumaa (Eor), in silva Universitatis Tartuensis in Kastre-Peravalla, quadr. Nr. 15.

26. VII 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. *Pucc. coronata* auf *Cinna latifolia* ist (nach Seymour, Host Index, 1929) in Nordamerika beobachtet worden; in Europa hingegen hat man, der mir bekannten Literatur nach zu urteilen, diese Wirtspflanze des genannten Pilzes nicht gekannt. Die Uredosporen sind rundlich-oval, 15–24 μ im Durchmesser. An den obengenannten Fundorten wächst *Cinna latifolia* in der Nähe von *Rhamnus frangula*; diese letztere war im Jahre 1935 stark von Aecidien bedeckt.

119. **Puccinia crepidis** Schroeter (1889). — Unditubaka rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 64; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 397; Dietrich (1856, 1859) p. 284, 494, Cent. IV, 17, VIII, 21 (sub *Aecidium cichoracearum* DC. b) *crepidis* Dietr.), p. 288, 496, Cent. VIII, 25 (sub *Puccinia compositarum* Schlecht); Vestergren (1903) p. 89; Bucholtz (1905) p. 47, (1916) p. 13; Treboux (1912) p. 97.

Matrix: *Crepis tectorum* L., stat. aecidiosp. et uredosp., in foliis caulibusque vivis, saepe.

Ruhnu (Runö) insula (Emoc), in agris prope Rings-Udden.

18. VI 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Dieser Rostpilz ist in Estland ziemlich verbreitet und verursacht stellenweise Masseninfektionen.

120. **Puccinia dioicae** P. Magn. (1877). — Kahekojane rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 653; Dietrich (1856) p. 284; Vestergren (1903) p. 89; Bucholtz (1905) p. 119, (1916) p. 13; Treboux (1912) p. 97; Ferle (1912) p. 104; Arefjew (1917) p. 70.

Matrix: *Cirsium heterophyllum* All., stat. aecidiosp. Tartumaa (Emed), Jõgeva, in colle „Metsamägi“ prope vicum Väljaotsa.

24. VI 1930.

leg. E. Lepik.

121. **Puccinia dioicae** P. Magn. (1877). — Kahekojane rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 653; Dietrich (1856) p. 284; Vestergren (1903) p. 89; Bucholtz (1905) p. 11, (1916) p. 13; Treboux (1912) p. 97; Ferle (1912) p. 104; Arefjew (1917) p. 70.

Matrix: *Cirsium olearaceum* Scop., stat. aecidiosp., in foliis vivis, saepe.

Tartumaa (Emed), Jõgeva, in colle „Metsamägi“ prope vicum Väljaotsa.

24. VI 1930.

leg. E. Lepik.

122. **Puccinia dioicae** P. Magn. (1877). — Kahekojane rooste. Lit. vide Nr. 121.

Matrix: *Cirsium palustre* L., stat. aecidiosp.

Tartumaa (Emed), Jõgeva, in colle „Kerstussaareküngas“ prope vicum Väljaotsa.

24. VI 1930.

leg. E. Lepik.

123. **Puccinia galii** (Pers.) Winter (1884) (= *Puccinia punctata* Link v.). — Madara rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 213; Klebahn

(1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 563; Dietrich

(1856, 1859) p. 280, 284, 289, 494, Cent. I, 37, 49, IX,

23; Vestergren (1903) p. 89; Bucholtz (1905)

p. 44; Treboux (1912) p. 98.

Matrix: *Galium mollugo* L., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis caulibusque vivis, saepe.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

6. IX 1934.

leg. E. Lepik.

124. **Puccinia galii** (Pers.) Winter (1884) (= *Puccinia punctata* Link). — Madara-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 213; Klebahn

(1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 563; Dietrich

(1856, 1859) p. 280, 284, 289, 494, Cent. I, 37, 49, IX,

23 (sub *Aecidium galii* auct., *Pucc. galii* Schw., *P.*

galiorum Lk., *Uredo Galii* Rabh.); Vestergren

(1903) p. 89; Bucholtz (1905) p. 44; Treboux

(1912) p. 98.

Matrix: *Galium verum* L., stat. aecidiosp.

Saaremaa (Oesilia) insula (Emoc), in pratis insulae

Vesiloo prope Vilsandi, saepe.

17. VI 1935.

leg. E. Lepik.

125. **Puccinia glechomatis** DC. (1808). — Kassirattarooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 277; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 554; Dietrich (1856) p. 279, 288, Cent. I, 50, IV, 10 [sub *Uredo Glechomatis* Dietrich (sp. nov.) et *Puccinia glechomatis* DC.]; Gobi (1892) p. 77 (sub *Pucc. verrucosa* LK.); Bucholtz (1905) p. 42; Treboux (1912) p. 97.

Matrix: *Glechoma hederacea* L., soris teleutosporiferis, in foliis, petiolis caulibusque vivis, non saepe.

Tartumaa (Emed), Kvistental, in pratis paludosis, prope urbem Tartu.

22. X 1933.

leg. E. Lepik.

Nota. Der Pilz kommt in Estland nicht häufig vor. Dietrich (l. c. p. 279) hat auch Uredosporen gefunden, was von Bucholtz (l. c. p. 42) bestätigt wird.

*126. **Puccinia graminis** Pers. — Kõrrerooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 692; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 451; Dietrich (1858) p. 286, 287; Gobi (1890) p. 90; Vestergren (1903) p. 89; Bucholtz (1905) p. 14, (1916) p. 13; Treboux (1912) p. 97; Lepik (1934) Fg. est. exsicc. II, Nr. 65—68.

Matrix: ***Alopecurus antarcticus*** Wahl (test.: C. Skottsberg, Göteborg), nov. hosp.; stat. uredosp. et teleutospor., in culmis, foliis et vaginis.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

11. X 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. *Alopecurus antarcticus* stammt aus Patagonien und wird seit Jahrzehnten im Botanischen Garten der Universität Tartu kultiviert. Die Pflanze ist hier vollkommen winterhart und vermehrt sich vegetativ durch Ausläufer, blüht aber spärlich. Nach C. Skottsberg (in litt.) ist diese Pflanze in den letzten Jahren mit Schafswolle aus Patagonien in die europäischen Staaten, darunter auch nach Schweden, eingeführt worden. In Estland ist sie für *Puccinia graminis* empfänglich und dürfte also für diesen Pilz eine neue Wirtspflanze (nov. hosp.) darstellen.

127. **Puccinia littoralis** Rostrup (1876) [= *Pucc. junci* (Strauss) Wint.j. — Piimohaka lajurooste. Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 642; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 443; Bucholtz (1916) p. 14; Treboux (1912) p. 97. Matrix: *Sonchus arvensis* L. var. *maritimus* Wahlb., aecidiis, in foliis vivis, saepe. Ruhnū (Runö) insula (Emoc), in pratis litoralibus prope Holma. 19. VI 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Die Masseninfektionen von *Sonchus arvensis* kommen im Küstengebiet in sehr grosser Zahl vor. Die Uredo- und Teleutosporen sind einmal von Treboux (l. c.) bei Pärnu gefunden worden.

- *128. **Puccinia lolii** Niels. (*Pucc. coronifera* Kleb.) (1875). — Kroonrooste. Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 704; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 635; Arefjew (1917) p. 85. Matrix: *Sesleria coerulea* (L.) Scop. subsp. *uliginosa* Ard., stat. uredosp. et teleutosp. Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis. VII—IX 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Die Wirtspflanze, *Sesleria coerulea* subsp. *uliginosa*, stammt aus der Tschechoslowakei und wurde vor einigen Jahren im Botanischen Garten der Univ. Tartu angepflanzt. Wahrscheinlich ist der Pilz ebenfalls aus der Tschechoslowakei zusammen mit seinem Wirt eingeführt worden, weil alle anderen *Sesleria*-Arten, auch die aus Estland stammende subsp. *uliginosa*, bisher nicht vom Rost befallen werden. Ausserdem hat aber Arefjew (l. c.) früher *Puccinia lolii* auf *Sesleria coerulea* in der Umgebung von Tartu gefunden.

- *129. **Puccinia menthae** Pers. (1801). — Mündi-rooste. Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 282; Vestergren (1903) p. 90; Bucholtz (1905) p. 43, (1916) p. 14; Lepik (1934) Fg. eston. exsicc. II, Nr. 80. Matrix: *Mentha aquatica* L., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis et caulibus vivis.

Tartumaa (Emed), Kvistental, ad flumen Emajõgi prope urbem Tartu.

8. IX 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Vide notam Nr. 80, fasc. II (1934).

- *130. **Puccinia menthae** Pers. (1801). — Mündi-rooste. Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 282; Bucholtz (1905) p. 43, (1916) p. 14; Vestergren (1903) p. 90; Lepik (1934) Fg. est. exsicc. II, Nr. 80.

Matrix: *Mentha piperita* L., cult., stat. uredosp., in foliis vivis.

Tartumaa (Emed), in agris villae Raadi prope urbem Tartu.

131. **Puccinia Passerini** Schroeter (1876). — Lina-lehiku-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 588; Dietrich (1856) p. 283, 285, 290, 493 (sub *Uredo Thesii* Duby, *Aecidium Thesii* Desv., *Pucc. Thesii* Chaill.), Cent. IV, 20 et VI, 18; Bucholtz (1905) p. 27.

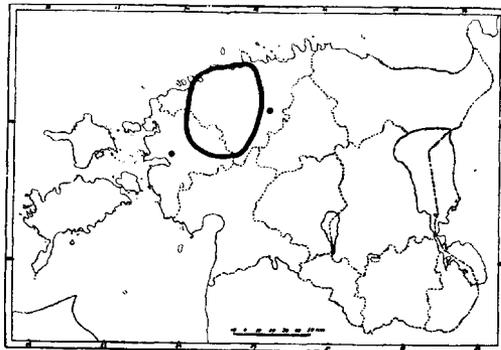
Matrix: *Thesium ebracteatum* Hayne, stat. aecidiosp., in foliis caulibusque vivis.

Harjumaa (Einf), distr. Tuhala, in collibus, lapidibus, silvis ad vicum Visja prope Tammiku, saepe.

27. V 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. *Pucc. Passerini* ist in Nordwestestland (Harjumaa) sehr verbreitet und schon seit Dietrich (1856) bekannt gewesen. Sie fehlt aber in den übrigen Teilen Estlands. Die älteste Angabe über diesen Pilz findet sich im Herbarium der Phytopathol. Versuchsstation, wo sich ein von F. J. Wiedemann ungefähr im Jahre 1852 bei Tallinn (Reval) eingesammeltes Exemplar befindet. Dieses Exemplar wurde von Konservator K. Eichwald im Herbar von Pansch entdeckt.



Die Verbreitung von *Thesium ebracteatum* in Estland.

132. **Puccinia petroselini** (DC.) Lindroth (1902). — Koerputke-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 399; Dietrich (1856) p. 279, 289; Vestergren (1903) p. 88 (sub *Puccinia bullata*).

Matrix: *Aethusa cynapium* L., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis vivis, non saepe.

Tartumaa (Emed), in hortis ad urbem Tartu.

1. IX 1932.

leg. E. Lepik.

133. **Puccinia phragmitis** (Schum.) Koern (1876). — Roo-rooste.

Sydow (1914) Monogr. Ured. I, p. 787; Ed. Fischer (1904) Ured. d. Schweiz p. 250; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 467; Liro (1908) Ured. Fenn. p. 129; Dietrich (1856, 1859) p. 287, 494; Vestergren (1903) p. 91; Bucholtz (1905) p. 23, (1916) p. 15; Arefjew (1917) p. 105; Treboux (1912) p. 97; Lepik (1934) Fungi eston. exsicc. II, Nr. 81.

Matrix: *Rumex crispus* L., stat. aecidiosp.

Saaremaa (Oesilia) insula (Emoc), in pratis litoralibus prope urbem Kuressaare, gregarie.

12. VI 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. *Pucc. phragmitis* ist über ganz Estland weit verbreitet und seine Hauptwirte sind hier *Rumex aquaticus* L. (für die Aecidien) und *Phragmites communis* Trin. (für die Uredo- und Teleutosporen). Die beiden Hauptwirte wachsen meistens nebeneinander, in der Nähe von Gewässern. *Rumex crispus* L. ist in Estland viel häufiger als *Rumex aquaticus* L. und kommt auf Kulturböden oft sogar massenhaft vor, trägt aber für gewöhnlich keine Aecidien und ist hier für *Pucc. phragmites* nur als Nebenwirt anzusehen. Den einzigen bisher bekannten Fundort für Aecidien auf *Rumex crispus* bildet der oben genannte bei der Stadt Kuressaare auf der Insel Saaremaa auf einer Strandwiese, wo nämlich *Rumex crispus* und *Phragmites communis* nebeneinander wachsen. Dieser Aecidienfundort ist schon seit dem Jahre 1903 durch Vestergren bekannt geworden und ist auch jetzt durch massenhafte Verbreitung der Aecidien auf *Rumex crispus* gekennzeichnet.

134. **Puccinia poarum** Niels. (1877). — Nurmiku-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 795; Klebahn (1914)

Krypt. Mark Brandb. Va, p. 609; Dietrich (1856, 1859) p. 284, 493, Cent. I, 24 (sub *Aecidium compositarum* Mart. *Tussilaginis* Pers.); Gobi (1892) p. 91; Bucholtz (1905) p. 24, (1916) p. 15; Treboux (1912) p. 98.

Matrix: *Tussilago farfara* L., stat. aecidiosp., in foliis vivis, saepe.

Ruhnu (Runö) insula (Emoc), in pratis litoralibus prope Nordkeld.

17. VI 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. *Pucc. poarum* ist über ganz Estland sehr verbreitet und verursacht oft Masseninfektionen auf *Tussilago farfara*. Uredo- und Teleutosporen sind bisher gefunden worden auf: *Poa annua* L., *P. compressa* L., *P. nemoralis* L., *P. palustris* L., *P. pratensis* L. und *P. trivialis* L.

135. **Puccinia pratensis Blytt (1896). — Aaskaera-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 733; Klebahn (1914) p. 313; Arefjew (1917) p. 96.

Matrix: *Avena pratensis* L., stat. uredosp., in foliis vivis et hypophyllis.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

6. IX 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Der Pilz scheint in Estland selten zu sein, vielleicht ist er jedoch bloss von den älteren Autoren übersehen worden. In Lettland ist er einmal (II) bei Wolmar (vgl. Arefjew, l. c.) von O. Eckmann gefunden worden. Bei Sydow (l. c.) und Klebahn (l. c.) wird er nur für Schweden und Norwegen angegeben.

136. **Puccinia pruni-spinosae** Pers. (1801). — Ploomirooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I p. 484; Dietrich (1856) p. 285, 289, Cent. I, 51, IV, 19; Bucholtz (1905) p. 34, (1916) p. 15, Fungi Ross. exsicc. XII, 581.

Matrix: *Prunus domestica* L., stat. teleutosp., in foliis vivis.

Tartumaa (Emed), Jõgeva, in vico Väljaotsa, in hortis, saepe.

14. X 1934.

leg. E. Lepik.

*137. **Puccinia suaveolens** (Pers.) Rostr. (1874). — Ohaka-rooste.

Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 53 (*Pucc. obtegens*); Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 404; Dietrich (1856) p. 279, Cent. IV, 12 (sub *Uredo flosculosorum* Alb. et Schw. pr. p.); Vestergren (1903) p. 88; Bucholtz (1905) p. 46, (1916) p. 16; Treboux (1912) p. 98.

Matrix: *Cirsium arvense* (L.) Scop. var. *horridum* Koch, pycnidiis et uredosp., in foliis caulibusque vivis, saepe. Ruhnū (Runö) insula (Emoc), in agris et dunis prope Haubjerre et Stacknäs.

16. VI 1934.

leg. E. Lepik.

Nota. Dieser Rostpilz ist in Estland auf *Cirsium arvense* überall weitverbreitet und geht auf var. *horridum* über.

*138. **Pucciniastrum epilobii** Otth. (1861). — Pajulille-rooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 444; Dietrich (1856) p. 280 (sub *Uredo Epilobii* DC.), Cent. II, 23; Treboux (1912) p. 95 (sub *Melampsora epilobii*).

Matrix: *Epilobium hirsutum* L., stat. uredosp., in foliis caulibusque vivis.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis Tartuensis.

9. X 1935.

leg. E. Lepik.

Nota. Dieser Pilz geht auf *Oenothera acaulis* Cav. über: vgl. Nota zu Nr. 139.

*139. **Pucciniastrum epilobii** Otth. (1861). — Kuninga-kepi-rooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 444; Dietrich

(1856) p. 280 (sub *Uredo Epilobii* DC.), Cent. II, 23;
Treboux (1912) p. 95 (sub *Melampsora epilobii*).

Matrix: *Oenothera acaulis* Cavanilles in: Icones et
descriptiones plantarum, quae aut sponte in Hispania
crescunt, aut in hortis hospitantur, Matrivi 1797, t. IV,
p. 68, tab. 399. Stat. uredosp., in foliis caulibusque
vivis.

Tartumaa (Emed), in horto botanico Universitatis
Tartuensis.

7. XI 1934.

leg. E. Lepik.

det. H. Sydow.

Nota. Auf *Oenothera*-Arten war bisher in Europa kein Rostpilz bekannt. Auf *Oenothera acaulis* Cav. ist auch in deren Heimat (Nordamerika) kein Rostpilz gesehen worden. Unsere Wirtspflanze stammt aus Nordamerika und wurde im Botanischen Garten der Universität Tartu aus Samen aufgezogen. Sie ist hier winterfest und hat schon einige Jahre hier gut überstanden. Der Rostpilz wurde zuerst im Herbst 1934 auf Blättern in Tartu beobachtet. Es waren bloss Uredosporen, die von H. Sydow *Pucciniastrum epilobii* Oth. zugeschrieben wurden. Die Teleutosporen hatten sich bis zum Spätherbst des Jahres 1934, ebenso im Jahre 1935 nicht entwickelt. Die im Jahre 1935 in Raadimõis (bei Tartu) ausgeführten Infektionsversuche mit Uredosporen von *Epilobium hirsutum*, die auf junge Blätter von *Oenothera acaulis* übertragen wurden, sind sämtlich positiv ausgefallen.

140. **Pucciniastrum padi** (Kunze et Schmidt) Dietel
(1898). — Kuuse käbirooste.

Sydow (1915) Monogr. Ured. III, p. 459; Liro (1908)

Ured. Fennicae p. 503, Mycotheca Fenn., fasc. 6, Nr. 277.

Matrix: *Picea excelsa* L.; aecidiis, in squamis strobilorum,
saepe.

Tartumaa (Emed), in silva Vasula prope urbem Tartu.

12. IV 1936.

leg. E. Lepik.

141. **Pucciniastrum padi** (Kunze et Schmidt) Dietel
(1898). Lit. vide Nr. 140.

Matrix: *Prunus padus* L., stat. uredosp. et teleutosp.,
in foliis vivis, saepe.

Tartumaa (Emed), in horto ad villam Raadi prope
urbem Tartu.

19. IX 1931.

leg. E. Lepik.

- **142. **Uromyces cristatus** Schroet. et Niessl (1877). —
Tõrvalille-rooste.
Sydow (1910) Monogr. Ured. II, p. 222; Klebahn
(1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 248; Arefjew
(1916) p. 143.
Matrix: *Viscaria vulgaris* Roehl. (= *V. viscosa* Asch.),
stat. uredosp., non saepe.
Tartumaa (Emed), in colle humido „Vedu“ prope
urbem Tartu.
19. VII 1935.
leg. E. Lepik.

Nota. Der Pilz ist im allgemeinen selten zu finden, obwohl die Wirtspflanze in Estland ganz allgemein verbreitet ist.

143. **Uromyces fabae** (Pers.) de Bary (1863) f. sp. *craccae*
Ed. Fischer. — Hiireherne-rooste.
Sydow (1910) Monogr. Ured. II, p. 103; Klebahn
(1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 276; Dietrich
(1856) p. 278, 280, 286, 290, Cent. I, 4. 14, II, 13, 15,
IV, 4, VI, 19 (sub *Aecidium Leguminosarum* DC. *Orobi*
verni Rabh., *Uredo Leguminosarum* Rabh. *fabarum*
Rabh., *Uredo neglecta* Dietrich, *Uromyces apiculata*
Strauss, *Puccinia Fabae* Lk.); Treboux (1912)
p. 98; Vestergren (1903) p. 95; Arefjew (1916)
p. 145; Bucholtz (1916) p. 11; Lepik (1934) Fungi
eston. exsicc. II, Nr. 95.
Matrix: *Vicia cracca* L., stat. aecidiosp., in foliis vivis,
saepe.
Ruhnu (Runõ) insula (Emoc), in pratis litoralibus
prope Holma.
19. VI 1934.
leg. E. Lepik.

Nota. Sehr verbreitet, vgl. auch die Note zu Nr. 95, fasc. II (1934).

144. **Uromyces inaequaltus** Lasch. (1859). — Põisrohu-
rooste.
Sydow (1910) Monogr. Ured. II, p. 217; Dietrich
(1856) p. 289, Cent. IV, 28; Treboux (1912) p. 99;
Arefjew (1916) p. 142.

Matrix: *Silene nutans* L., stat. aecidiosp., in foliis vivis.
 Järva maa (Eint), Jäneda-Linnamägi, in collibus.
 11. VII 1934.

leg. E. Lepik.

145. **Uromyces minor** Schroeter (1889). — Ristikurooste.

Sydow (1910) Monogr. Ured. II, p. 134; Dietrich (1856) p. 280, 290, Cent. II, 28, VIII, 26; Vestergren (1903) p. 96; Treboux (1912) p. 99; Gobi (1904) p. 73; Arefjew (1916) p. 149.

Matrix: *Trifolium montanum* L., stat. aecidiospor., in foliis vivis, non saepe.

Tartumaa (Emed), in collibus et lapidibus ad vicum Vasula prope urbem Tartu.

5. VI 1932.

leg. E. Lepik.

146. **Uromyces minor** Schroeter (1889). — Ristikurooste. Lit. vide Nr. 145.

Matrix: *Trifolium montanum* L., stat. uredosp. et teleutosp. (cum aecidiosp.), in foliis vivis.

Tartumaa (Emed), in collibus et lapidibus ad vicum Vasula prope urbem Tartu.

5. IV 1932.

leg. E. Lepik.

147. **Uromyces rumicis** (Schum.) Wint. (1884). — Oblikurooste.

Sydow (1910) Monogr. Ured. II, p. 238; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 211; Dietrich (1859) p. 491 (sub *Uredo rumicum* DC.), Cent. IX, 6; Treboux (1912) p. 99; Gobi et Tranzschel (1892) p. 71; Arefjew (1916) p. 139.

Matrix: *Rumex aquaticus* L., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis vivis, non raro.

Tartumaa (Emed), Aruküla, in pratis paludosis prope urbem Tartu.

10. IX 1934.

leg. E. Lepik.

- *148. **Uromyces rumicis** (Schum.) Wint. (1884). — Oblika-rooste.
 Sydow (1910) Monogr. Ured. II, p. 238; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 211; Dietrich (1859) p. 491, Cent. IX, 6 (sub *Uredo Rumicis* DC.); Gobi (1892) p. 71; Treboux (1912) p. 99; Arefjew (1916) p. 140.
 Matrix: *Rumex hydrolapathum* Huds., stat. uredosp. et teleutosp., in foliis vivis.
 Tartumaa (Emed), in pratis paludosis Kvistental prope urbem Tartu.
 9. IX 1934.
 leg. E. Lepik.
149. **Uromyces scrophulariae** (DC.) Fuckel (1896). — Sealõuarohu-rooste.
 Sydow (1910) Monogr. Ured. II, p. 27; Klebahn (1914) Krypt. Mark Brandb. Va, p. 295; Vestergren (1903) p. 96; Treboux (1912) p. 99; Arefjew (1916) p. 153.
 Matrix: *Scrophularia nodosa* L., stat. aecidiosp., in foliis caulibusque vivis.
 Saaremaa (Oesilia) insula (Emoc), in pratis prope urbem Kuresaare.
 17. VI 1935.
 leg. E. Lepik.
- **150. **Uropyxis mirabilissima** (Peck) Magnus (= *Puccinia mirabilissima* Peck). — Mahoonia-rooste.
 Sydow (1904) Monogr. Ured. I, p. 844; H. Pöeverlein, Annal. Mycol. **30**, 1932, p. 402—404; Klebahn in Zeitschr. f. Pflanzenkr. **45**, 1935, p. 529—537; Minkevičius (1935) Fungi parasitici, fasc. I, Nr. 16.
 Matrix: *Mahonia aquifolium* Nutt (*Berberis aquifolium* L.), stat. uredosp. et teleutosp., in foliis vivis.
 Tartumaa (Emed), in horto ad villam Raadi prope urbem Tartu.
 16. VII 1935.
 leg. E. Lepik.

Nota. Der aus Amerika eingewanderte und erstmalig von Wilson (1923) in Edinburg gefundene Pilz *Uropyxis mirabilissima* ist in Westeuropa schon weit verbreitet (vgl. Pöe verlein und Klebahn, l. c.). Im Ostbaltikum ist er vor einigen Jahren in Litauen, Lettland und sogar in Finnland entdeckt worden. In Estland kam der Pilz zum erstenmal im Jahre 1934 in Sicht. Ich habe ihn in einer über 20 Jahre alten Mahonia-Anpflanzung in Raadi bei Tartu gefunden; die Uredo- und Teleutosporen waren nur spärlich vorhanden. Im Jahre 1933 waren diese und ebenso auch alle anderen von mir besichtigten Mahonia-Kulturen Estlands frei von diesem Pilz. Im Sommer 1935 waren die Mahonia-Blätter der Kultur in Raadi schon sehr stark vom Pilz befallen, ebenso ist der Pilz auch andernorts in der Umgebung von Tartu aufgetreten (z. B. in Elva, leg. A. Stegman). Bisher war in Estland von Rostpilzen auf Mahonia-Früchten von Zeit zu Zeit nur *Puccinia graminis* in Form von Aecidien hier und da spärlich zu finden.

GEOGRAPHISCHE KAUSALITÄT

VON

E. MARKUS

TARTU 1936

Meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Dr. geogr. L. Berg

*Professor des früheren Petersburger Geographischen Instituts (jetzt
geographische Fakultät der Universität Leningrad)*

zu seinem sechzigsten Geburtstage

in Dankbarkeit gewidmet.

Vorwort.

Durch die Einzelerforschung kleinster Landschaften hat der Verfasser in einer Reihe von Arbeiten versucht, einige Hilfsmittel der Untersuchung kausaler Relationen genauer zu charakterisieren. Durch die Verwendung bestimmter Hilfsmittel zum Studium grosser Naturgebiete werden die Methoden aufgestellt, die allen Teilen der geographischen Wissenschaft gemeinsam sind. Die Vertreter der Landschaftskunde finden in verschiedenen Ländern Tatsachen, die eine kausale Bedingtheit der geographischen Erscheinungen zeigen. Auf der Basis kausaler Bedingungen bauen sich ausser der Geographie alle diejenigen Wissenschaften auf, die einzelne Elemente der Landschaft behandeln, wie die Klimatologie, Bodenkunde, Biogeographie, Wirtschaftsgeographie u. a., während die geographischen Methoden auch in der Geschichte, Archäologie, Agronomie u. a. Wissenschaften angewendet werden, die sich mit den Erscheinungen der Erdoberfläche beschäftigen. Parallel wird das Kausalitätsproblem in der Erkenntnistheorie und der Physik ausführlich analysiert, weshalb wir uns zur Aufgabe stellen, uns ins Kausalprinzip zu vertiefen und die kausalen Bedingungen der geographischen Erscheinungen genauer zu fixieren.

Tartu, April 1936.

E. Markus.

I. Wesen der Kausalität.

1. Der Kausalbegriff in der Logik.

Die kausale Relation.

Der geologische Untergrund der Chibinä-Gebirge auf der Halbinsel Kola besteht aus Nephelin-Syenit (Markus 1932, S. 3). Die Lufttemperatur schwankt in Kola oft um 0° , und der Spaltenfrost spielt hier eine grosse Rolle: in die Spalten des Syenits dringt Wasser und bildet Eis; infolgedessen zerfällt der Nephelin-Syenit in grosse Felsblöcke. Die Blockfelder des Syenits bedecken oft mehrere Hektar und beherbergen gewöhnlich keine Vegetation. Diese Blöcke, die einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ —2 m haben und aus grossen Mineralien (Ramsay-Hackman 1894) bestehen, zerfallen allmählich in ihre Bestandteile, weshalb ihre nächste Umgebung fast immer mit Kies bedeckt ist. Besonders intensiv zerfällt der Nephelin-Syenit in den höheren Teilen der Gebirge, so dass die Blöcke auf den Gipfeln des Chibinägebirges endgültig zerfallen sind. Ähnliche Erscheinungen werden in vielen anderen Ländern beobachtet: gewaltige Trümmerfelder findet man in Nordschweden (Högbom. 1925—1927), in arktischen Ländern (Högbom 1913) usw.

Vor dem Forscher liegen zwei Körper — das Gestein und das Eis, die beide Veränderungen unterworfen sind: das Eis dehnt sich aus, der Syenit zerfällt in Felsblöcke. Die Veränderung des Eises ruft die Veränderung des Gesteins hervor. Man bezeichnet die Ausdehnung des Eises als Ursache, die Verwitterung des Syenits als Wirkung.

Wenn die Erscheinung α die Ursache der Erscheinung β ist, so stellen wir uns vor, dass es zwei Dinge A und B gibt, und dass α und β Veränderungen dieser Dinge darstellen: man nimmt an, dass dasjenige, was wirkt, ursprünglich immer ein Ding ist, dass das

Wirken dieses Dinges ein in bestimmter Zeit eintretendes, auf ein anderes Ding gerichtetes Tun ist, und dass das, was gewirkt wird, eine bestimmte Veränderung dieses zweiten Dinges ist (Sigwart II, 1921, S. 142).

Weiter schliessen wir, dass die Veränderung α die Ursache der Veränderung β bildet, wenn wir wissen, dass ein Körper B jedesmal eine bestimmte Veränderung β zeigte, nachdem eine Veränderung α eines andern Körpers A in räumlichem und zeitlichem Zusammenhange vorangegangen war, dagegen der Körper B diese Veränderung (β) nicht zeigte, solange im Körper A die Veränderung α nicht stattfand (Sigwart II, 1921, S. 497 u. 498).

Alle Tatsachen der Beobachtung, die den Eintritt und Verlauf einer Erscheinung begleiten, bilden Umstände dieser Erscheinung (Wundt II, 1920, S. 366). Als gleichgültig erscheinen diejenigen Umstände, die für den Eintritt einer Wirkung nicht nötig sind (Sigwart II, 1921, S. 508), wie z. B. das Auftreten des *Lagopus alpinus* in der Umgebung eines verwitternden Gesteins. Das Bedecktwerden des Syenits mit einer mächtigen Sandschicht verhindert die Bildung des Eises in Spalten des Syenits und bildet so eine negative Bedingung der Verwitterung des Gesteins (Sigwart II, 1921, S. 486). Wesentliche Bedingungen (Wundt II, 1920, S. 366) der zu besprechenden Wirkung sind das Vorhandensein von Wasser im Gebiete der Chibinä-Gebirge, die Schwankung der Lufttemperatur um 0° usw. Zu den Bedingungen einer Erscheinung gehört auch ihre Ursache.

Während Ursachen als Veränderungen der Dinge betrachtet werden, können die Bedingungen auch ruhende Körper darstellen, deren blosse Gegenwart für den Eintritt einer Erscheinung nötig ist (Sigwart II, 1921, S. 513).

Wenn α die Ursache oder nur eine Bedingung der Erscheinung β ist, so sagt man, dass α und β kausal miteinander verbunden sind (Wundt II, 1920, S. 366).

Das Kausalprinzip wird aus dem logischen Satze des Grundes abgeleitet. Der Satz vom Grunde sagt: mit dem Grund ist die Folge gegeben (Wundt I, 1919, S. 562), so dass man das Kausalprinzip als die Anwendung des Satzes vom Grunde auf den Inhalt der Erfahrung bezeichnen kann (Wundt I, 1919, S. 604). Damit ist gesagt, dass die kausale Notwendigkeit auf die logische Notwendigkeit zurückgeführt wird (Bavink I, 1928, S. 105). Ein Kausalverhältnis wird als ein reales Verhält-

nis wirklicher Dinge vorgestellt, ein Grund-Folge-Verhältnis betrifft dagegen ideale Gegenstände. Das Kausalverhältnis ist eben dann, und nur dann, real vorhanden, wenn das Urteil, welches den tatsächlich festgestellten, zeiträumlichen Zusammenhang zwischen α und β ausspricht, logisch begründbar und damit wahr ist. Das ist aber nur dann der Fall, wenn es aus anderen bereits als wahr erkannten oder als wahr vorausgesetzten Urteilen logisch ableitbar ist (Bavink I, 1928, S. 105).

Kausalität und Teleologie.

Aus dem Satze vom Grunde können verschiedene Erfahrungsgesetze abgeleitet werden, die sich aber sämtlich auf zwei allgemeine Prinzipien zurückführen lassen, nämlich auf das Kausal- und das Zweckprinzip (Wundt I, 1919, S. 563). Die Kausalität schreitet vom Grunde zur Folge fort, der Zweck geht von der Folge zum Grunde zurück. So sind beide die einzig möglichen empirischen Gestaltungen des Satzes vom Grunde (Wundt I, 1919, S. 563).

Die kausale und die teleologische Betrachtung unterscheiden sich voneinander durch ihre Richtung. Die kausale Betrachtung geht von einzelnen wirksamen Elementen aus und untersucht, was aus ihnen bei dieser oder jener Kombination vermöge ihrer stofflichen Beschaffenheit und ihrer Form nach Naturgesetzen hervorgehen kann (Sigwart II, 1921, S. 262). Die Betrachtung unter dem Gesichtspunkte des Zwecks dagegen nimmt den Erfolg zum Ausgangspunkt und fragt, welche Kombination von Bedingungen gerade den vorliegenden Erfolg hervorbringen konnte.

Die Verknüpfung nach Zweck und Mittel ist eine Umkehrung derjenigen von Ursache und Wirkung, weshalb jede Kausalbeziehung prinzipiell in eine Zweckbeziehung umgewandelt werden kann (Wundt II, 1920, S. 578). Kürzer: Kausalität und Finalität sind zwei Auffassungsweisen desselben Geschehens.

In bestimmten Fällen gewinnt die Betrachtung unter dem Gesichtspunkte des Zwecks den Charakter einer objektiven Teleologie, bei der irgendeine organische Form als das Produkt zwecktätiger Willenshandlungen und ihrer äusseren Wirkungen erscheint und so die Zweckreihe nicht bloss die logische Umkehrung einer Kausalreihe darstellt (Wundt II, 1920, S. 581), sondern

das Zweck- und Kausalgeschehen als zwei selbständige Vorgänge aufgefasst werden müssen.

Das Kausalprinzip als Postulat.

Ursache und Wirkung sind nicht in der Erfahrung gegeben (Dippe 1907, S. 91). Die Vorstellung des Wirkens ist niemals anschaulich: der Übergang der Kausalität von einem Ding aufs andere ist immer hinzugedacht und ein Produkt des zwischen ihnen verknüpfenden Denkens (Sigwart I, 1921, S. 47). Darum hat das Kausalprinzip den Charakter eines Postulats (Wundt I, 1919, S. 595 u. 603; Hettner 1927) und bleibt es ein unbewiesenes Erkenntnispostulat der Wissenschaft (Haering 1923, S. 197).

Das Kausalprinzip wurde in den letzten Jahrzehnten einer Kritik unterworfen. Haering (Haering 1923, S. 193) sagt: nicht jede Veränderung, nicht einmal jede materielle Veränderung braucht eine materielle Veränderungsursache oder eine notwendige Folge zu haben. Carnap zeigt, dass wir, wenn wir nicht die Wahrnehmungswelt, sondern die rein quantitative physikalische Welt betrachten, sehen, dass in der physikalischen Welt überhaupt nicht von Vorgängen gesprochen werden kann, die in dem Verhältnis Ursache-Wirkung zueinander ständen (Carnap 1928, S. 229). Es gibt bestimmte gesetzmässige Beziehungen, welche keineswegs kausal im ursprünglichen Sinne der Kausalität sind, aber doch notwendig auseinander folgen. Das sind automatische Folgen von Zuständen (Haering 1923, S. 188).

Die antikausale Auffassung tritt auf festen Boden mit der Entwicklung der Quantenmechanik. In der heutigen Quantenmechanik wird behauptet, dass sich für die kleinsten Teilchen im Innern der Atome und die feinsten Vorgänge innerhalb der Materie keine Gesetze formulieren lassen, die den Gesetzen für die Umläufe der Himmelskörper ähnlich oder gar gleich wären (Frank 1932, S. 64). Aus den in der Quantenmechanik aufgestellten Relationen (Heisenbergsche Unschärferelation u. a.) geht hervor (Heisenberg 1927 u. 1930), dass eine kausale Auffassung der Atomphysik grundsätzlichen Schwierigkeiten begegnet ist (Haas 1934, S. 100). Als Ausgangspunkt der Untersuchung wird in der Physik der Satz benutzt, dass ein Ereignis dann kausal bedingt ist, wenn es mit Sicherheit vorausgesagt werden kann. Hält man diesen Satz zusammen mit der Tatsache, dass es in

keinem einzigen Falle möglich ist, ein physikalisches Ereignis absolut genau vorauszusagen, so steht man vor dem Dilemma, entweder eine strenge Kausalität ganz zu leugnen oder an dem Ausgangssatz eine gewisse Modifikation vorzunehmen. Die physikalische Wissenschaft hat in ihrer bisherigen Entwicklung die zweite Alternative gewählt, d. h. sie bezieht die physikalischen Ereignisse, die sie behandelt, nicht auf die durch die sinnlichen Wahrnehmungen unmittelbar gegebene Sinnenwelt, sondern auf das sogenannte physikalische Weltbild, d. h. auf ein gewisses Grundschema, welches zu dem Zweck ersonnen worden ist, um von der Unsicherheit, die an jeder einzelnen Messung haftet, loszukommen und scharfe Begriffsbeziehungen zu ermöglichen (Planck 1932, S. 18). Wenn aber eine im klassischen Sinne präzise Beschreibung des atomaren Geschehens an sich unmöglich ist, so verliert das Kausalprinzip seine Bedeutung für die Physik (Haas 1934, S. 102).

In der mechanischen Kausalität werden Lücken festgestellt (Frank 1932, S. 199). Während man früher behauptete, dass ein Wirken überall da angenommen werde, wo räumliche und zeitliche Kontinuität der Bewegungen oder sonstigen Veränderungen verschiedener Dinge wahrgenommen wird (Sigwart II, 1921, S. 137 f.), hat die neueste Physik der scharf ausgeprägten Kausalität, die sich in dem makroskopisch-physikalischen Geschehen offenbart, die Unbestimmtheit der atomaren Vorgänge gegenübergestellt (Haas 1934, S. 276).

Andererseits beweist man (Hönigswald 1933), dass die Kausalität eine Sonderfrage der Erkenntniswissenschaft darstelle, und dass die Notwendigkeit kein physikalisches Problem sei. „Kausalität“ besagt nicht mehr als die Eindeutigkeit, Notwendigkeit, die „Regel“ der Abfolge aller Erscheinungen eines Systems, „Natur“ genannt. Wo innerhalb eines gegebenen Rahmens das Ereignis a , aber auch das Ereignis $non-a$ eintreten kann, wird eine Zwei- oder Mehrdeutigkeit festgestellt. Es hat jedoch niemand gezeigt, dass in der Natur die Eindeutigkeit keinen Platz habe, und dass „Kausalität“ etwas anderes bedeute als Eindeutigkeit der Natur. Man muss vom Begriffe „Bestimmtheit“ den Begriff „Bestimmbarkeit“ unterscheiden: Bestimmbarkeit eines Naturvorgangs setzt dessen Bestimmtheit voraus; unzulänglich aber begründet ist es, aus dem Unvermögen, einen Vorgang zu bestimmen, auf dessen Unbestimmtheit zu schliessen. Die

Unsicherheitsrelation dient dem methodischen Ziele, der Eindeutigkeit des Naturgeschehens gerecht zu werden, indem sie nämlich zeigt, dass die bisher verfügbaren Mittel nach dieser Richtung hin versagen. Diese Relation besagt implizite, dass in der überlieferten Mechanik hinsichtlich bestimmter Begriffe eine nur vermeintliche Sicherheit geherrscht habe, die man nun kurzweg der Kausalität gleichsetzt. Man übersieht dabei, dass die Unsicherheitsrelation einen neuen Begriff der Sicherheit anstrebt, der den recht alten Gedanken der Eindeutigkeit des Naturgeschehens in eine neue Form bringt, ihm daher so wenig widerspricht wie dem erkenntnistheoretisch gleichwertigen Prinzip der Kausalität. Die Unsicherheitsrelation bejaht das Ereignis, dessen Eindeutigkeit und deren Bedingungen. Das Kausalprinzip ist so der erkenntnistheoretische Ausdruck der Eindeutigkeit, und „Kausalität“ ist nur ein anderer Name für die Bestimmtheit des Naturverlaufs.

Doch wird festgestellt (Hönigswald 1933, S. 569), dass es auch solche Sätze von naturgesetzlicher Allgemeinheit gibt, die nicht kausal sind. Frank (Frank 1932) lenkt unsere Aufmerksamkeit auf die Schwierigkeiten, die entstehen, wenn man Sätze von grosser Allgemeinheit formulieren will. Infolgedessen muss man bei der Untersuchung kausaler Relationen die Grenzen der Gültigkeit des Kausalprinzips feststellen und anstatt der Anwendung eines allgemeinen Kausalgesetzes spezielle Zusammenhänge untersuchen, die sich der kausalen Notwendigkeit unterordnen.

2. Der Kausalbegriff in der Geographie.

Chorologische Auffassung.

Die Anfänge kausalen Denkens finden wir schon bei Strabo (zwischen 10 und 20 n. Chr.) (Strabonis Geographica 1852—1853). Er sagt, dass die Veränderung der Grenzen zwischen Meer und Land mehr der Hebung und Senkung des Bodens als den geringfügigen Anschwemmungen zuzuschreiben sei; dass nicht bloss einzelne Felsmassen oder kleine und grosse Inseln, sondern ganze Kontinente emporgehoben werden können (Humboldt 1847, S. 223 f.). Strabo behandelt die mannigfaltigen Ursachen der Veränderungen, welche die Erdoberfläche erlitten hat, den Durchbruch ursprünglich abge-

schlossener Seen, die Strömungen des Meeres usw. (Strabo 1838 S. 1420). Doch werden kausale Abhängigkeiten mit voller Klarheit erst von Humboldt formuliert. Die Geographie soll nach Humboldt Reihen scheinbar isoliert stehender Tatsachen miteinander durch empirische, numerisch ausgedrückte Gesetze verbinden und die Notwendigkeit ihrer gegenseitigen Abhängigkeit erweisen (Humboldt 1845, S. 345). Mit grossem Erfolge wendet er zur Untersuchung der Ursachen der Krümmungen der Isothermen die vergleichende geographische Methode an, indem er zeigt, dass zu den die mittlere Jahrestemperatur erhöhenden Ursachen die Nähe einer Westküste in der gemässigten Zone, die Konfiguration der Kontinente, die Gebirgsketten usw. gehören (Humboldt 1844, S. 84). Humboldt vertiefte die ursächliche Betrachtungsweise (Bürger 1935, S. 27): der Kausalbegriff beherrscht sein Denken (Döring 1931, S. 162).

In der Untersuchung geographischer kausaler Relationen beginnt eine neue Epoche mit der Aufstellung der chorologischen Auffassung der Geographie durch Hettner (Hettner 1905).

Hettner (Hettner 1927, S. 116—131) betrachtet die Geographie als Wissenschaft von der räumlichen Anordnung auf der Erdoberfläche, als eine chorologische oder Raumwissenschaft. Das Vorhandensein einer solchen Wissenschaft beruht auf zwei Verhältnissen. Das eine ist der ursächliche Zusammenhang der an einer Erdstelle lokalisierten Erscheinungen (Hettner 1927, S. 129). Hettner sagt, dass diejenigen Erscheinungen, die eines kausalen Zusammenhanges mit den anderen Erscheinungen derselben Erdstelle entbehren, nicht in die geographische Betrachtung gehören (S. 129). Wenn zwei Erscheinungen der Erdoberfläche miteinander in kausalem Zusammenhang stehen, so sagt man, dass die bedingende Erscheinung geographisch wirkungsvoll ist (S. 131), und dass zwischen diesen Erscheinungen eine geographische Ursächlichkeit (Hettner 1927, S. 252—274) besteht.

Neben der Kausalität stellt die chorologische Wissenschaft die örtliche Verschiedenheit der auf der Erdoberfläche vorkommenden Erscheinungen in den Vordergrund. Erscheinungen, die überall auf der Erdoberfläche gleich sind, gehören nicht zum Wesen der Landschaften und fallen darum aus der Geographie heraus (Hettner 1927, S. 130 u. 217). Der geographischen Betrachtung fähig und bedürftig sind nur solche Erscheinungen der

Erdoberfläche, die örtlich verschieden sind, und deren örtliche Verschiedenheit für andere Erscheinungen bedeutsam ist (Hettner 1927, S. 130).

Die geographische Notwendigkeit.

Die chorologische Auffassung setzt sich zum Ziele die Erkenntnis des Charakters der Länder aus dem Verständnis des Zusammenwirkens der verschiedenen Erscheinungen der Erdoberfläche (Hettner 1927, S. 130). Doch geht die Geographie nicht von einem allgemeinen Kausalprinzip aus, sondern untersucht spezielle Zusammenhänge und versucht auf sie den Kausalbegriff anzuwenden.

Die Geographie betont die Notwendigkeitsvorstellung (Sigwart I, 1921, S. 270; Haering 1923, S. 188), indem sie Erscheinungen feststellt, die notwendig aufeinander folgen. Solche Notwendigkeitsbeziehungen werden als kausale betrachtet. Wenn z. B. die Erdoberfläche nordwestlich von der Puula-Seengruppe (Finnland) mehr steigt als südöstlich von ihr und der Puula-See infolgedessen seine südöstliche Umgebung transgrediert (Hellaakoski 1929) (Abb. 30 u. 33), so sagen wir, dass die Transgression der Umgebung von Puula durch die Ungleichmässigkeit der Landhebung hervorgerufen wird.

Neben der zeitlichen Nachbarschaft zieht die Geographie auch die räumliche Nachbarschaft in Betracht (Carnap 1928, S. 229), und man bedient sich des Wortes „Ursache“ in zwiefachem Sinne. Wenn eine Erscheinung einer anderen Erscheinung notwendig folgt, so nennt man, wie oben gezeigt wurde, die bedingende Erscheinung — Ursache und die bedingte — Wirkung. Wenn in einer Wüste, wo Wasser fehlt, verstreute Quellen vorkommen, so bedingen sie das Auftreten von Oasen. Man sagt, dass die Quellen die Ursache des Vorkommens von Oasen sind. Im vorliegenden Falle bedeutet das Wort „Ursache“ nicht die Veränderung eines bestimmten Dinges, sondern nur eine wichtige Bedingung, die an der gegebenen Stelle der Erde vorhanden ist und das Auftreten einer Erscheinung ermöglicht (Markus 1935 d, S. 446).

Während die Geographie die Wichtigkeit einer kausaler Betrachtungsweise hervorhebt, leugnet sie keineswegs objektive teleologische Zusammenhänge. Wissenschaft heisst jede geordnete, das einzelne unter grössere allgemeinere Zusammenhänge einreihende Betrachtung der uns umgebenden Welt. Findet es sich, dass es unzweifelhaft teleologische Zusammenhänge gibt, so hat die Wissenschaft auch diese zu ermitteln (Bavink II, 1928, S. 61).

II. Methoden der Untersuchung kausaler Relationen.

1. Naturerklärung.

Die Naturerklärung besteht in der Feststellung der regelmässigen Beziehungen, welche sich durch die experimentelle und vergleichende Untersuchung zwischen den Objekten der Beschreibung ergeben (Wundt II, 1920, S. 375). Ein Fall ist erklärt, wenn alle Bedingungen, von denen er abhängt, aufgezählt sind (Sigwart II, 1921, S. 610). Da aber dies im praktischen Leben unmöglich ist, so werden in der Geographie, wie oben dargelegt, nur diejenigen Bedingungen in Betracht gezogen, denen eine örtliche Verschiedenheit eigen ist. Die kausale Erklärung eines Vorganges erfolgt durch die Darstellung der zu untersuchenden Erscheinung als Folge eines bekannten Gesetzes (Sigwart II, 1921, S. 601 u. 602). Durch die Naturerklärung ist die Geographie eine genetisch-erklärende Wissenschaft geworden (Penck 1928, S. 54; Schlüter 1920, S. 146).

Bei der kausalen Erklärung bedient man sich der induktiven oder der deduktiven Methode. Die Aufgabe des induktiven Verfahrens besteht in der Gewinnung gültiger allgemeiner Sätze aus einzelnen Wahrnehmungsurteilen (Sigwart II, 1921, S. 419); es bildet so eine der wichtigsten Methoden der geographischen Arbeit, indem die Aufstellung der Landschaften auf der sich in die Natur vertiefenden Einzelforschung basiert (Hettner 1927, S. 307). Die Deduktion der Naturerscheinungen geht in ihrer typischen Form von Erfahrungsgesetzen oder von hypothetischen Voraussetzungen allgemeinsten Art aus und sucht aus denselben sukzessive die einzelnen Erscheinungen und die speziellen Gesetze, von welchen dieselben beherrscht werden, abzuleiten (Wundt II, 1920, S. 411). Mit Erfolg wird in der Geographie eine Methode angewendet, die als Verbindung der Deduktion mit der

Induktion erscheint und als Interpretation bezeichnet wird (Hettner 1927, S. 192).

Unter den eine Erscheinung begleitenden Umständen sind diejenigen als Bedingungen derselben anzusehen, deren Beseitigung die Erscheinung selber beseitigt (Wundt II, 1920, S. 392). Dies wird am besten durch die experimentelle Methode festgestellt, die in der willkürlichen Veränderung der Erscheinung und in der Isolierung und Variierung derjenigen Umstände besteht, die die zu untersuchende Erscheinung begleiten. Während aber die experimentelle Methode in der Physik, Chemie und anderen Wissenschaften eine grosse Verbreitung gefunden hat, ist es schwer, sie bei der Untersuchung geographischer Probleme zu verwenden. Doch der forschende Gedanke lenkt den Blick des Geographen auf jene Stellen der Natur, wo diese selbst die grossen Experimente macht (Penck 1928, S. 33): das Experiment wird in der Geographie durch die vergleichende Beobachtung (Hettner 1927, S. 172—180) ersetzt.

Der vergleichenden Methode widmen wir die Kapitel II, 2—9.

2. Vergleichende Methode.

Das Wesen der vergleichenden Methode besteht in der Sammlung übereinstimmender Erscheinungen, in der Abstufung der nicht übereinstimmenden nach den Graden ihres Unterschiedes und in der Anwendung der Resultate solcher Sammlung zur Gewinnung allgemeiner Ergebnisse (Wundt II, 1920, S. 369). Die Vergleichung ergänzt das Experiment, denn die willkürliche Veränderung und die vergleichende Beobachtung derselben unter den Verhältnissen, in denen sie uns unmittelbar gegeben sind, bilden zusammen die einzig möglichen Hilfsmittel einer wissenschaftlichen Bearbeitung der Natur (Wundt II, 1920, S. 369). Wenn wir die Beobachtungen sammeln, die irgendeine einzelne Naturerscheinung in bezug auf sämtliche koexistierenden Bestandteile darbieten, so haben wir es mit einer individuellen Vergleichung zu tun. Die generische Vergleichung dagegen verwertet Beobachtungen, die von verschiedenen, jedoch zusammengehörigen Naturerscheinungen gewonnen sind, und ordnet dieselben nach den miteinander verwandten Erscheinungsgebieten (Wundt II, 1920, S. 372).

Tab. 1. Höhere oder Erlenbruchwaldmoore von Selgus
(Markus 1929).

Pflanzenarten	Probeflächen																				B.	K.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
W. I. <i>Alnus glutinosa</i>	4	3	2	2	3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	2	4	2	3	3	3	3	V
<i>Betula pubescens</i>	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	IV
<i>Fraxinus excelsior</i>						1	1		1	0	1	1		0	0						1	II
<i>Picea excelsa</i>	1	1		1	1	0			1	1					2	1		1	1		1	III
W. II. <i>Alnus glutinosa</i>															1	1		1	1		1	I
<i>Fraxinus excelsior</i>		1			1	1			1									1			1	II
<i>Picea excelsa</i>	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
<i>Pirus aucuparia</i>																1					1	I
<i>Tilia cordata</i>										1											1	I
<i>Ulmus montana</i>							1														1	I
G. <i>Acer platanoides</i>					1			1		1					1						1	I
<i>Alnus glutinosa</i>																	1				1	I
<i>Frangula frangula</i>			1	1				1			1	1			1	1		1	1	1	1	III
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Picea excelsa</i>	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
<i>Pirus aucuparia</i>	1	1				1				1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	III
<i>Prunus padus</i>	1	1				1				1				1		1		1		1	1	II
<i>Tilia cordata</i>	1	1				1											1				1	I
<i>Ulmus montana</i>							1														1	I
F. <i>Actaea spicata</i>																1					1	I
<i>Angelica silvestris</i>			1			1	1								1	1	1	1			1	II
<i>Arundo phragmites</i>	1																	1	1	1	1	I
<i>Aspidium spinulosum</i>		1		1		1		1	1	1							1		1	1	1	III
<i>Athyrium filix femina</i>	2		1		3	2	3	1	1	2	1	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1	1	1		1			1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Caltha palustris</i>	1	1	1			1										1	1	1			1	II
<i>Carex elongata</i>	1		1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
<i>Carex vesicaria</i>								2			3							1	1	1	1	2
<i>Cirsium oleraceum</i>	1	1	1	1		1					1			1		1	1	1	1		1	III
<i>Cirsium palustre</i>	1		1								1										1	I
<i>Comarum palustre</i>																		1	1	1	1	I
<i>Convallaria majalis</i>					1																1	I
<i>Crepis paludosa</i>	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Equisetum silvaticum</i>	1	1	1	1	1	1		1	1	1			1	1		1	1	1	1	1	1	IV
<i>Filipendula ulmaria</i>	3	3	2	1	4	4	1	4	1	5	2	3	4	2	1	1	1	1	1	1	2	V
<i>Fraxinus excelsior</i>					1	1			1	1	1			1	1	1		1	1	1	1	III
<i>Galium palustre</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
<i>Galla palustris</i>	2		1	1	1			1	3		1	1				1		2	1	1	1	III
<i>Geum rivale</i>	1		1	1										1		1					1	II
<i>Lamium galeobdolon</i>	1					1				1			1	1	1	1					1	II
<i>Lysimachia thyrsoflora</i>	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V

Tab. 1. Fortsetzung.

Probeflächen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	B.	K.
		Pflanzenarten																					
F.	<i>Lysimachia vulgaris</i> . . .	.	.	.	1	1	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	II
	<i>Mercurialis perennis</i> . . .	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Milium effusum</i> . . .	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Orchis maculatus</i> . . .	.	1	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	1	II
	<i>Paris quadrifolius</i> . . .	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	1	I
	<i>Pirus aucuparia</i> . . .	1	1	1	1	.	1	.	1	1	1	.	.	1	1	1	.	1	1	.	1	1	IV
	<i>Pulmonaria officinalis</i> . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	I
	<i>Ranunculus repens</i> . . .	1	1	.	.	1	1	1	.	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	.	.	1	IV
	<i>Ribes nigrum</i> . . .	1	1	1	.	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
	<i>Rubus idaeus</i> . . .	1	1	.	1	1	.	.	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	.	.	1	IV
	<i>Rubus saxatilis</i> . . .	1	1	1	1	.	.	.	.	1	1	.	.	1	1	1	1	.	1	.	.	1	III
	<i>Solanum dulcamara</i> . . .	1	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	1	.	1	1	IV
	<i>Tilia cordata</i> . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
<i>Viburnum opulus</i> . . .	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	I	
B.	<i>Acrocladium cuspidatum</i> . . .	1	.	1	1	1	1	1	.	.	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	IV	
	<i>Mnium cinclidoides</i> . . .	1	.	1	1	1	1	1	.	.	1	.	1	1	1	1	1	1	.	1	1	IV	
	<i>Rhytidadelphus triquetrus</i> . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	.	.	1	II	
	<i>Sphagnum Girgensohnii</i> . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	I
	<i>Sphagnum squarrosum</i> . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	I

B. = Bedeckungsgrad, K. = Konstanzgrad, W. = Waldschicht, G. = Gebüschschicht, F. = Feldschicht, B. = Bodenschicht. Wenn eine Pflanzenart in der nächsten Umgebung der Probefläche konstatiert wurde, so wird sie mit 0 bezeichnet.

Durch die Einzelerforschung der Erlenbruchwaldmoore von Selgus (Markus 1929, S. 62—68) (Abb. 15 a) und ihre generische Vergleichung ergibt es sich, dass alle diesen Bruchwaldmooren entnommenen Probeflächen von bestimmter Grösse (100 qm) acht konstante Pflanzenarten enthalten (Tab. 1), nämlich: *Alnus glutinosa*, *Picea excelsa*, *Athyrium filix femina*, *Carex elongata*, *Filipendula ulmaria*, *Galium palustre*, *Lysimachia thyrsiflora* und *Ribes nigrum*. Durch vergleichende Untersuchung der Böden der Erlenbruchwaldmoore finden wir, dass sie aus Bruchwaldtorf und einer dunklen, einer weisslichen, einer rostbraunen und einer Gleyschicht bestehen. Ebenso kommen wir zu der Schlussfolgerung, dass die Erlenbruchwaldmoore geneigte muldenförmige Vertiefungen einnehmen, denen wasserdichter Moränenlehm unterlagert ist.

Die festgestellten Kennzeichen gehören zu den konstanten oder wenig veränderlichen Eigenschaften der Erlenbruchwaldmoore. Die veränderlichen Eigenschaften eines Objektes werden auf Grund regulärer vergleichender Beobachtungen untersucht.

das Podsolmoor — nass (Tamm 1931, Abb. 9—16). Charakteristisch sind die Kurven des Grundwasserniveaus in der wasserarmen Zeit. Wie wir schon vor den Beobachtungen annehmen konnten, liegt das Grundwasser im Birkenbruchwaldmoor in der wasserarmen Zeit tiefer und im Podsolmoor höher als im Erlenbruchwaldmoor (I). Doch ist das Grundwasserniveau im Wiesengebiete des Erlenbruchwaldmoors starken Schwankungen unterworfen, während es im Walde sogar tiefer liegt als im Podsolmoore.

Bei der Anwendung der vergleichenden Methode zur Feststellung kausaler Beziehungen zwischen verschiedenen geographischen Erscheinungen unterscheiden wir räumliche und zeitliche Relationen der Erscheinungen: wir vergleichen verschiedene Örtlichkeiten unter dem Gesichtspunkt, ob die zu erklärende Erscheinung dieselbe geographische Verteilung wie die vorausgesetzte Bedingung zeigt (Hettner 1927, S. 183), oder ob die uns interessierenden Erscheinungen zeitlich zusammenhängen.

Aus den parallelen hydrologischen und meteorologischen Beobachtungen in Lauge ergibt sich, dass die Kurven des Grundwasserniveaus und der Niederschläge bestimmte miteinander übereinstimmende Regelmässigkeiten aufweisen: beim Regen steigt das Grundwasserniveau und in regenreicher Zeit sind die Waldmoore wasserreich, in trockener Zeit dagegen sinkt das Grundwasserniveau. Der Vergleich der Erlenbruchwaldmoore in verschiedenen Teilen Estlands zeigt, dass die Bedingungen für das Auftreten der Erlenbruchwaldmoore durch eine geneigte muldenförmige Vertiefung und ein der letzteren unterlagertes wasserdichtes Gestein gebildet werden (Tab. 22 u. 23). In solchen Vertiefungen sammelt sich beim Regen viel Wasser, das aber hier nicht stagniert, sondern sich weiterbewegt und Grundwasserrinnen bildet (Kujala 1924, S. 282). Diese Erscheinung ruft eine charakteristische Schwankung des Grundwasserniveaus hervor, die beim Wechsel von Regentagen und trockenen Zeiten beobachtet wird. Durch die weitere Vergleichung der Bruchwaldmoore, die von Wald und Wiese eingenommen sind, ergibt sich, dass in trockener Zeit das Grundwasser im Walde bedeutend tiefer liegt als in der Wiese, welche Erscheinung durch die starke Verdunstung bedingt wird, die durch die Blätter der Bäume vor sich geht (Otozki 1899 u. 1905).

Eine geneigte muldenförmige Vertiefung, ein ihr unterlagertes wasserdichtes Gestein und ein gemässigtes, genügend nieder-

schlagreiches Klima, mit den von ihnen hervorgerufenen besonderen hydrologischen Verhältnissen, bilden die Bedingungen für die Entstehung der beschriebenen Vegetation und der Bruchwaldmoorböden im Bruchwaldmoore (Tab. 23).

Mit Hilfe der vergleichenden Methode sucht man vorerst empirische Regeln (Niederschlagsreichtum auf der Luvseite der Berge) und geht dann zu den kausalen Gesetzen über (Einfluss adiabatischer Bewegungen auf die relative Feuchtigkeit der Luft) (Wundt II, 1920, S. 24—27; Hettner 1927, S. 229).

3. Analyse der Landschaft.

Die Analyse der Landschaft (Wundt II, 1920, S. 380, 558) stellt einen speziellen Fall der individuellen Vergleichung dar. Man untersucht die Landschaft und zerlegt sie in ihre Bestandteile. Dann folgt die Zerlegung der letzteren in ihre Elemente und die eingehende Behandlung der Bestandteile. Zuletzt geht man von einzelnen Bestandteilen aus und zieht Schlussfolgerungen über den Charakter der Landschaft als eines Ganzen.

Auf der Karte 2 sind die Dünenlandschaft von Vilo (Abb. 15) und ihre Bestandteile dargestellt (Markus 1935^b).

An der nördlichen Grenze der Dünenlandschaft lenkt ein absterbender Espenwald unsere Aufmerksamkeit auf sich. Es gibt in diesem Walde viele kleine, nur $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ m hohe Espen, die endgültig abgestorben sind. Grössere Espen sind 4—6 m hoch und sind verhältnismässig gesund, obgleich sie krumme Stämme haben. Nur ihre Zweige sind oft vertrocknet, und solche Zweige bedecken auch die Bodenfläche. Im Bodenquerschnitt liegt unter der 90—100 cm mächtigen Sandschicht eine gut ausgebildete, 8—10 cm mächtige Humusschicht. Unter ihr befinden sich eine grauweisse Podsolchicht (Mächtigkeit $\frac{1}{2}$ —1 cm) und eine 20—25 cm mächtige rostbraune Schicht. So finden wir im Espenwalde einen normalen Podsolboden, der mit Sand bedeckt ist. Der absterbende Espenwald liegt im Gebiete des Vordringens der Dünen: der beschriebene Podsolboden war früher von Espen eingenommen, die infolge des Vorrückens des Sandes allmählich abstarben. Der absterbende Espenwald bildet einen Teil des Ablagerungsgebietes, das die Dünenlandschaft von Vilo von Norden, Nordosten und Osten umgibt.

Den grösseren, inneren Teil der Dünenlandschaft bildet ein

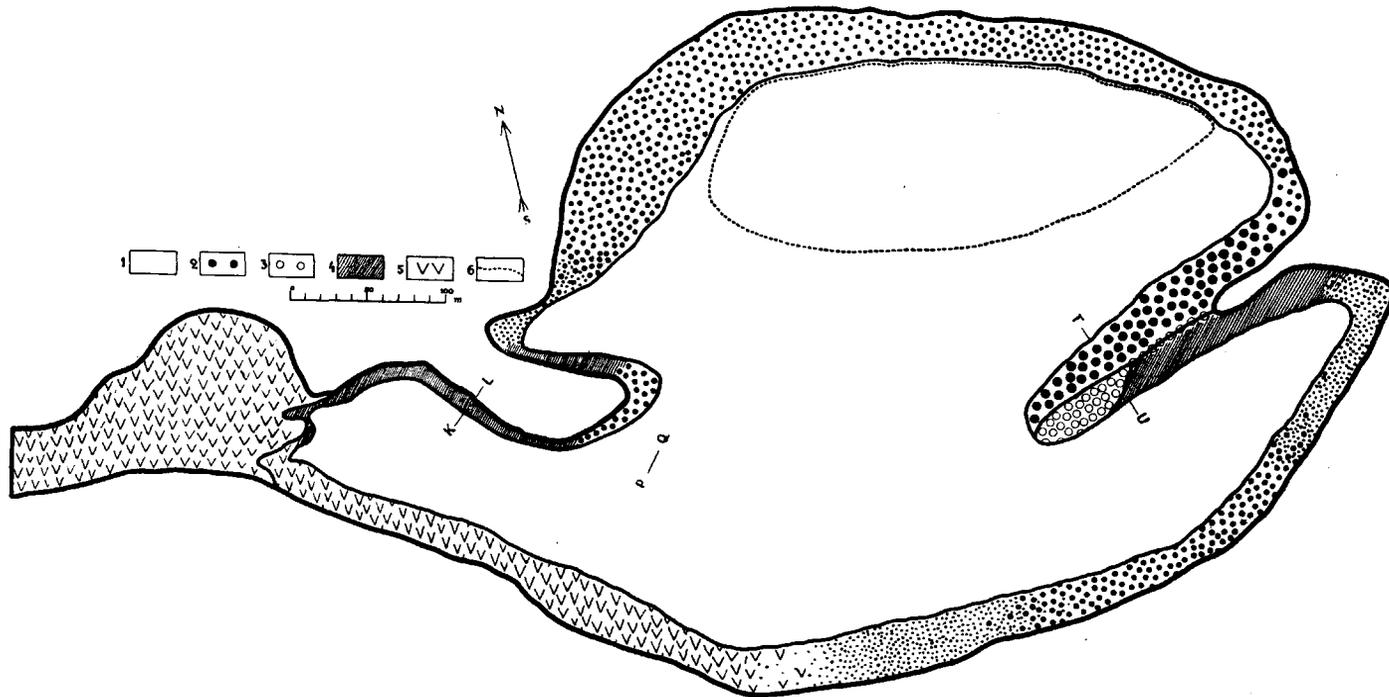


Abb. 2. Dünenlandschaft von Vilo (Markus 1935).

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Abtragungsgebiet. | } Grenzstreifen der Dünenlandschaft. |
| 2. Ablagerungsgebiet | |
| 3. Deckungsgebiet | |
| 4. Zerstörungsgebiet | |
| 5. Absterbende Dünen | |
| 6. Entblösster Devonsandstein. | |
| K-L, P-Q, T-U Profile (Abb. 3). | |

Abtragungsgebiet, wo der entblösste Sand nur 5—40 cm mächtig ist und unmittelbar den roten Devonsandstein bedeckt. Aus der fast ebenen Sandfläche ragen verstreute, 2—4 m hohe und bis 10 m im Durchmesser betragende kuppige Sandhügel hervor. Ein solcher Hügel (Abb. 3, Tab. 2) bietet im Querschnitt

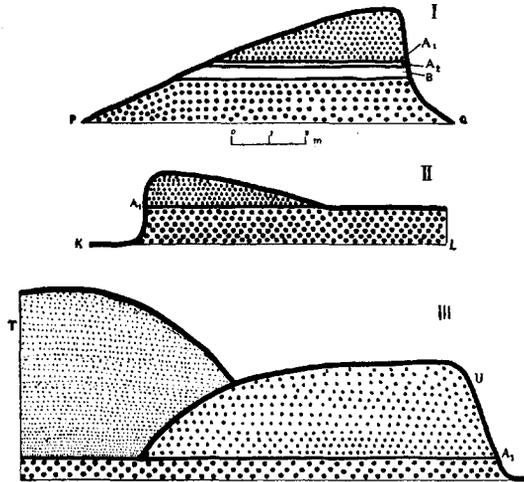


Abb. 3. Profile der Dünenlandschaft (Markus 1935).

- I — Sandhügel,
- II — Zerstörungsgebiet,
- III — Deckungsgebiet.
- A₁ — Humusschicht, A₂ — Podsoltschicht,
- B — rostbraune Schicht. Punktiert ... Sand.
- Höhen- und Längensmaßstab sind dieselben.

eine obere, 120—140 cm mächtige, und eine untere, 110—130 cm mächtige Sandschicht dar, zwischen denen ein Leithorizont — ein aus einer Humus- ($\frac{1}{2}$ —1 cm), einer sehr deutlichen grauweisen Podsol- (10 cm) und einer rostbraunen Schicht (30—40 cm) bestehender podsolierter Sandboden liegt. Die Sandhügel sind oft mit vereinzelt 3—4 m hohen Kiefern bedeckt, zwischen denen auch Espen, Birken, Wacholder u. a. auftreten. Aus der Analyse der Profile der Sandhügel ergibt sich, dass im heutigen Abtragungsgebiet früher ein in der Umgebung der Dünenlandschaft heute sehr verbreiteter normaler podsolierter Sandboden vorhanden war, der mit Kiefern, Espen u. a. bedeckt war. In diesen Wald drangen die Dünen ein, und der Boden bedeckte sich mit

Tab. 2. Die Dünenlandschaft von Vilo:

Entstehung kuppiger Sandhügel.

Glieder des Sandhügels	Charakter des Baus des Sandhügels	Entstehungsweise einiger Schichten	Schlussfolgerungen
1. Sand 120—140 cm 2. Podsolboden 40—50 cm a) A ₁ -Schicht b) A ₂ -Schicht c) B-Schicht 3. Sand 100—140 cm 4. Kiefer 3—4 m	5. Der Podsolboden liegt zwischen zwei Sandschichten 6. Die Schichten des Sandhügels sind von allen Seiten schroff abgeschnitten	7. Der Podsolboden bildet bei seiner Entstehung die oberste Schicht der Erdoberfläche	a) Bei der Entstehung des begrabenen Podsolbodens existierte im Untersuchungsgebiet eine Sandfläche (2, 3*), die sich mit einem Podsolboden bedeckte (2, 7). b) Der Podsolboden wurde später (1, 5) mit einer Sandschicht bedeckt. c) Die Boden- und Sandschichten wurden vom Winde weggeblasen (6). d) Die Sandhügel setzen sich aus denjenigen Boden- und Sandschichten zusammen, die durch die Pflanzendecke gegen den Wind geschützt sind (4).

einer mächtigen Sandschicht. Später wurden die oberen Schichten des Sandes und des Podsolbodens weggeblasen, und im zentralen Teil der Dünenlandschaft entstand ein Abtragungsgebiet, während die Sandhügel aus denjenigen Teilen der früheren Landschaft gebildet wurden, die vor der Wirkung des Windes durch Kiefern geschützt waren.

An der Grenze des Abtragungsgebietes und des die Dünenlandschaft umgebenden Heidewaldes liegt ein Zerstörungsgebiet. Für dieses Gebiet sind Halbkuppen charakteristisch, die steil zum Abtragungsgebiet abfallen, in entgegengesetzter Richtung dagegen abschüssig sind (Abb. 3). Ihr Bau zeigt, dass in das zu besprechende Gebiet früher Dünen eingedrungen sind, deren innere Seite heute zerstört wird.

Im Deckungsgebiet treffen ältere und jüngere Dünen zusammen. Die älteren Dünen haben sich früher von Südosten nach Nordwesten bewegt und werden heute von Südosten her zerstört. Die jüngeren Dünen dagegen rücken von Westen nach

*) Gemäss den Punkten 2 und 3.

Osten oder sogar von Nordwesten nach Südosten vor, nähern sich den älteren und beginnen sie zu bedecken. In diesem Gebiet sind die Dünen am stärksten ausgebildet und erreichen eine Höhe von bis 10 m.

Am südöstlichen Rande der Dünenlandschaft bedeckt sich der Sand mit Moosen (*Hypnum Schreberi*), Heidekraut, Wacholder u. a., die Dünen bleiben stehen und werden weiter keinen Veränderungen unterworfen. Das ist das Gebiet absterbender Dünen.

Verwenden wir nun die beschriebenen Bestandteile zur Charakteristik der Dünenlandschaft als eines Ganzen.

Die Bestandteile der Dünenlandschaft bilden zusammen ein typisches Ganzes — einen landschaftlichen Komplex (Markus 1930, S. 428) oder Landschaftsverband (Passarge 1933, S. 59), und sind also miteinander genetisch verbunden (Tab. 3). Im zen-

Tab. 3. Die Dünenlandschaft von Vilo
als Landschaftsverband.

Landschaftsverband	Seine Glieder	Anordnung der Glieder	Bedingungen der Anordnung
Dünenlandschaft	Abtragungsgebiet	Zentraler Teil der Dünenlandschaft	Nach Südwesten geneigte Sandfläche
	Ablagerungsgebiet	Grenzstreifen der Dünenlandschaft	NO Vorherrschend südwestlicher Winde
	Gebiet absterbender Dünen		SW
	Zerstörungsgebiet		NW Vorherrschend südöstlicher Winde in früheren Zeiten
	Deckungsgebiet	Grenzgebiet zweier Abtragungsgebiete	Zusammenfließen zweier Abtragungsgebiete

tralen Teil der Dünenlandschaft befindet sich das Abtragungsgebiet, von welchem der Sand abgetragen wird. Dieser Sand wird hauptsächlich im nordöstlichen Grenzgebiet der Dünenlandschaft abgelagert. Im südwestlichen Teil der Dünenlandschaft hört die Tätigkeit des Windes auf, und der Sand bedeckt sich mit einer Pflanzendecke. Der Dünenstreifen rückt allmählich in den umgebenden Heidewald vor; ebenso bewegt sich von Südwesten nach

Nordosten das Gebiet absterbender Dünen. Infolgedessen verschiebt sich die ganze Dünenlandschaft von Südwesten nach Nordosten (Tab. 4). Die Dünenlandschaft von Vilo weist die Merkmale der Jugendlichkeit auf: ihr Abtragungsgebiet und der Dünenstreifen sind stark entwickelt, während absterbende Dünen nur schwach vertreten sind. Man muss ferner annehmen, dass die zu besprechende Landschaft aus zwei Becken, einem westlichen und

Tab. 4. Verschiebung der Dünenlandschaft von Vilo.

		NO-Grenzstreifen	SW-Grenzstreifen
Wichtige Glieder		Dünen	Absterbende Dünen
Bau der Glieder		1. Sand 2. Podsolboden: A ₁ , A ₂ , B 3. Sand	1. Pflanzendecke 2. Sand 3. Podsolboden 4. Sand
Entstehungsweise der Glieder		Im nordöstlichen Grenzgebiet der Dünenlandschaft war ein Podsolboden vorhanden, der später mit Sand bedeckt wurde	Im südwestlichen Grenzgebiet der Dünenlandschaft waren Sanddünen vorhanden, die später von einer Vegetation bedeckt wurden
Verschiebung	der Glieder	Der Dünenstreifen rückt nach Nordosten, in die umgebende Heide vor	Die Vegetation dringt allmählich auf Sandflächen ein, die im südwestlichen Grenzgebiet der Dünenlandschaft liegen
	der Landschaft	Die Dünenlandschaft von Vilo verschiebt sich von Südwesten nach Nordosten	

einem östlichen, entstanden ist: beide näherten sich allmählich einander, und ihre Grenzstreifen trafen im Deckungsgebiet zusammen, das früher die ganze Dünenlandschaft von Vilo von Nordosten nach Südwesten durchquert hat.

Wenn wir uns den Bedingungen zuwenden, die die Entstehung der Dünenlandschaft von Vilo hervorrufen und die dabei für das zu untersuchende Gebiet charakteristisch sind, d. h. denen eine örtliche Verschiedenheit eigen ist, so finden wir hier ausgedehnte, schwach mit einer Pflanzendecke bedeckte Sandflächen, die sich von der Eisenbahnstation Vilo nach Nordosten bis an den von hier 8 km entfernten Peipussee erstrecken. Wir ziehen ferner in Betracht, dass die Dünenlandschaft von Vilo einen schwach nach Südwesten geneigten Abhang eines Urstrom-

tales beherbergt, und berücksichtigen, dass im Sommer im Untersuchungsgebiet südwestliche Winde vorherrschen. Das Vorhandensein üppiger Wälder in einigen Teilen des Sandgebietes erscheint als eine negative Bedingung für die Entwicklung der Dünen. Die Ursache der Entstehung der Dünenlandschaft bildet endlich der Druck des Windes auf die Sandflächen, d. h. die Bewegung der Luft — die Veränderung des Luftkörpers.

Infolge des Druckes der im Untersuchungsgebiet vorherrschenden südwestlichen Winde auf die nach Südwesten geneigte Sandfläche entsteht die Dünenlandschaft von Vilo, in ihrem nord-

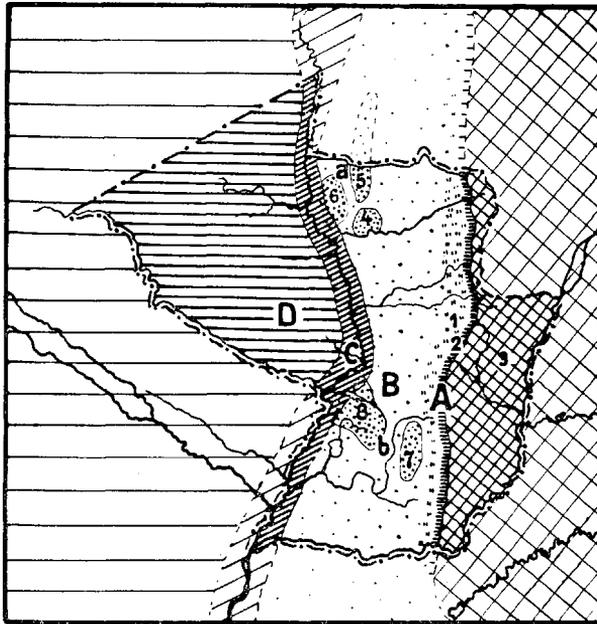


Abb. 4. Landschaftskundliche Gliederung von Paraguay
(Stollenberg 1927).

a. Orographische Gliederung.

- A — Amambay-Plateau. 1 — Vorgelände. 2 — Steilrand. 3 — Plateau.
 B — Welliges Flachland mit einzelnen Berglandschaften. 4 — Saty-Plateau. 5 —
 Apa-Bergland. 6 — Kalkregion (a — nordparaguayisches Bergland). 7 —
 Sierra de Villa Rica. 8 — südparaguayisches Bergland in engerem Sinn (b —
 südparaguayisches Bergland).
 C — Flusstallandschaft des Paraguay.
 D — Chacoebene.

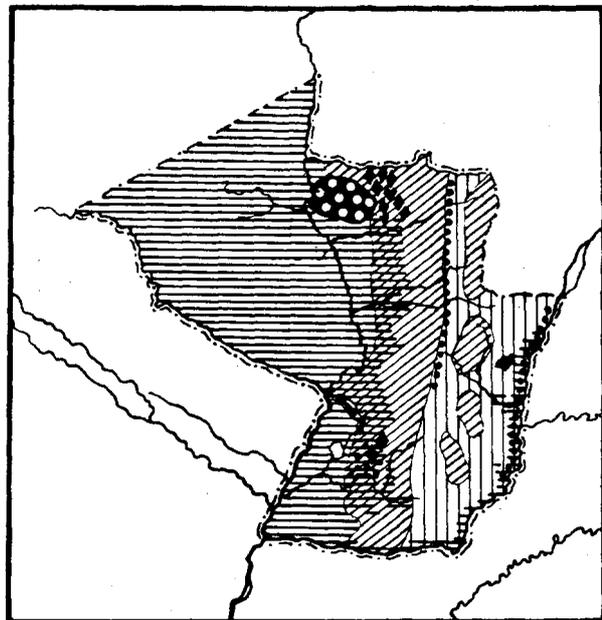
roter Boden,
mehr lehmig



roter Boden,
mehr sandig



schwarze Erde,
Alluvionen der Flüsse



Kalkboden,
verwittert



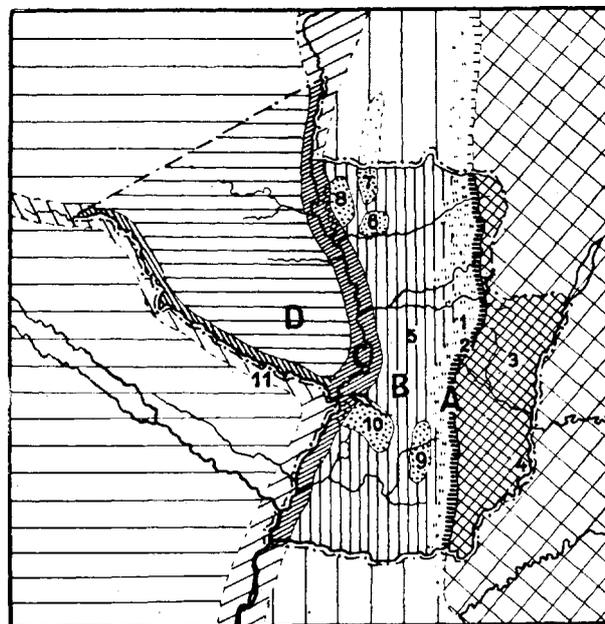
Granit,
Gneisboden, verwittert



Eroptivgestein,
verwittert



b. Bodenkundliche Gliederung.



c. Natürliche Landschaften.

- A — Amambay-Plateau. 1 — Vorgelände. 2 — Steilrand.
- 3 — Plateaurücken. 4 — Paranáfusstal. B — Welliges Flachland.
- 5 — Hügellandplatte. 6 — Saty-Plateau. 7 — Apa-Bergland.
- 8 — Kalksteppe. 9 — Sierra de Villa Rica.
- 10 — Südparaguayisches Bergland. C — Paraguayflusstalung.
- D — Chaco. 11 — Pilcomayofusstal.

östlichen Grenzgebiet wird Sand abgelagert, ihr südwestliches Grenzgebiet bedeckt sich mit Pflanzen, und die ganze Dünenlandschaft wandert von Südwesten nach Nordosten.

4. Vergleichung der Karten.

Die vergleichende Behandlung geographischer Karten wird mit Erfolg bei der Aufstellung von Landschaften angewendet.

Passarge (Passarge 1921) bezeichnet mit dem Worte „Raum“ ein Gebiet auf der Erde, in dem bestimmte Erscheinungen auftreten. Aus denjenigen Räumen, die einander decken, werden Landschaftsräume zusammengestellt. Nach der Methode von Passarge stellt Stoltenberg (Stoltenberg 1927) eine orographische, eine petrographisch-tektonische, eine bodenkundliche, eine klimatische, eine hydrographische und eine pflanzengeographische Gliederung von Paraguay dar. Dabei findet man, dass in einem bestimmten Gebiet folgende Einheiten einander decken: eine orographische Einheit — Chacoebene, eine petrographisch-tektonische Einheit — Tiefland mit marinen Ablagerungen, eine bodenkundliche Einheit — Gebiet der schwarzen Erde, eine klimatische Einheit — niederschlagsarmes Gebiet mit Trockenzeit, eine hydrographische Einheit — Gebiet mit zeitweilig versiegenden Flüssen und ausgeprägter Trockenheit, eine pflanzengeographische Einheit — Parklandschaft von Chaco. Die erwähnten Einheiten bilden zusammen die natürliche Landschaft von Chaco (Abb. 4).

Um nun die Frage zu erörtern, warum bestimmte Räume ein und dieselbe Verbreitung aufweisen, analysieren wir zwei Spezialfälle.

Eine der am typischsten ausgebildeten Landschaften der Vereinigten Staaten ist die Golfebene, die aus einem aus jungen — tertiären und quartären — Ablagerungen bestehenden Schichttafel-land, einer verhältnismässig ebenen, nach Süden und Südwesten geneigten Niederung, einer niederschlagsreichen und warmen Klimaprovinz (Golfprovinz), dem Verbreitungsgebiete der Gelbböden, der subtropischen Vegetation, dem Anbaugebiete der Baumwolle und dem Anhäufungsgebiete der schwarzen Rasse aufgebaut wird. Alle Gebiete, die in der Golfebene zusammenfallen, sind kausal miteinander verbunden. Die Golfebene berührt das warme tropische Meer, dessen Einflüsse infolge der Ebenheit der Niederung unbehindert in die Golfebene eindringen. Infolge des warmen und niederschlagsreichen Klimas entstehen in der Golfebene Gelb-

böden und eine subtropische Vegetation und es wird hier Baumwolle angebaut. Das ungesunde Klima der Golfebene hat ferner die Heranziehung von Negern hervorgerufen usw.

De Geer (De Geer 1928) behandelt die verschiedenen Räume der Umgebung der Ostsee. Dabei geht er von einem bestimmten Gebiet aus und findet, dass in diesem Gebiet fünf spezielle Räume einander decken: das Verbreitungsgebiet des protestantischen Christentums, das Gebiet der maximalen Verbreitung der zwei



Abb. 5. Baltoskandien (De Geer 1928).

Die Ziffern geben die Anzahl der auf jeder Fläche zusammen auftretenden Faktoren an (Urgebirgsland Fennoskandiens, Halbinselländer Nordeuropas, das von einer durch die Moränentopographie gekennzeichneten Randzone umgebene Gebiet, Landhebungsgebiet, Kerngebiet der nordischen Rasse, zwei fennoskandische Sprachgebiete, Verbreitungsgebiet des protestantischen Christentums, heutige nordische Staatsgebiete, Maximalausdehnung der zwei tausendjährigen nordischen Staaten). Die fünfte Linie wird als die Grenze Baltoskandiens aufgefasst.

Tab. 5. Meerestypen

Meere Ihre Eigenschaften	Relativ warmes Meer				
	I. Tropisches Meer		II. Gemässigttes Meer		
	1. Antillen- Meer	2. Malai- isches Meer	1. West- europäisches Meer	2. West- kanadisches Meer	3. Neu- seeländisches Meer
Temperaturanomalien	0 ^o bis + 2 ^o	0 ^o bis + 2 ^o	0 ^o bis + 5 ^o	0 ^o bis + 2 ^o	0 ^o bis + 2 ^o
Niederschläge (cm) ¹⁾	100 – bis 200 +	100 – bis 200 +	100 – bis 200 +	100 – bis 200 +	100 +
Wasserbewegungen	positiv				
Jahresisothermen des Oberflächenwassers und der Luft	niederschlagsreich				
Jahrestemperatur des Oberflächenwassers	warme Meeresströmungen				
Jahrestemperatur der Luft	nach den Polen ausgebuchtet				
Temperaturschwankungen des Oberflächenwassers	20 ^o bis 27 ^o	20 ^o bis 28 ^o	5 ^o bis 20 ^o	5 ^o bis 20 ^o	5 ^o bis 20 ^o
	20 ^o bis 27 ^o	20 ^o bis 28 ^o	5 ^o bis 20 ^o	5 ^o bis 20 ^o	5 ^o bis 20 ^o
	warmes Meer		gemässigttes Meer		
	1 ^o bis 5 ^o	1 ^o bis 3 ^o	4 ^o bis 8 ^o	4 ^o bis 12 ^o	3 ^o bis 6 ^o
Landschaften	gering		mässig		
	Tropische Regenw. Savannen		Laub- und Nadelwälder der gemässigten Zone		
	Subtro- pische Vege- tation	Monsun- wälder			

(Nach Schokalsky (1917), Berg (1927), Süring (1927), Gorczyński (1918), Hettner (1923 und 1926) u. a.) — ¹⁾ 100 – . . . unter 100 cm, 200 + . . . über 200 cm.

tausendjährigen nordischen Staaten usw. Aus diesen Gebieten setzt De Geer ein skandinavisch-baltisches Gebiet — Baltoskandinavien — zusammen (Abb. 5). Obgleich De Geer viele wichtige Elemente der Landschaft — das Klima, die Pflanzendecke, die Böden u. a. — unberücksichtigt gelassen hat, ist sein Versuch doch in

(Markus 1930).

Relativ kaltes Meer									
III. Tropisches Meer			IV. Gemässigttes Meer				V. Polares Meer		
1. Nordwest-afrikanisches Meer	2. Südwest-afrikanisches Meer	3. Sokotra-Meer	1. Kalifornisches Meer	2. Peruanisches Meer	3. Patagonisches Meer	4. Westaustralisches Meer	1. Labrador-Meer	2. Kamtschatka-Meer	
-1° bis -5°	-1° bis -7°	0° bis -1°	-1° bis -4°	-1° bis -7°	0° bis -3°	0° bis -2°	0° bis -6°	-1° bis -4°	
negativ									
25- bis 50+	25- bis 50+	25- bis 50+	25- bis 50+	25- bis 50+	25- bis 50+	25- bis 50+	25 bis 100	25 bis 100	
niederschlagsarm									
kalte Meeresströmungen, kaltes Auftriebwasser									
nach dem Äquator ausgebuchtet									
20° bis 25°	15° bis 25°	26°	12° bis 22°	10° bis 20°	5° bis 15°	5° bis 20°	0° bis 5°	0° bis 5°	
20° bis 25°	20° bis 25°	20° bis 27°	12° bis 22°	12° bis 20°	5° bis 15°	5° bis 20°	-10° bis +5°	-8° bis +5°	
warmes Meer			gemässigttes Meer				kaltes Meer		
3° bis 8°	3° bis 6°	4° bis 6°	3° bis 7°	4° bis 7°	4° bis 11°	3° bis 6°	5° bis 18°	8° bis 20°	
mässig									
Wüstensteppen			Wüstensteppen				gross		
Steppen			Wüsten				Tundren		
Savannen			Subtropische Vegetation				Nadelwälder		
Wüsten			Steppen						

dem Sinne interessant, dass ein geographisches Gebiet aus solchen Gebieten niederer Ordnung gebildet werden kann, die sich zeitlich nacheinander gebildet haben: das Urgebirgsland Fennoskandiens entstand schon im Archaikum und Eozoikum, das protestantische Christentum dagegen drang in Baltoskandien erst in den letzten fünf Jahrhunderten ein usw.

Um die Vergleichung der Karten zur Feststellung kausaler Relationen anzuwenden, stellt man zwei Karten ein-

ander gegenüber, von denen die eine die uns interessierende Erscheinung und die andere ihre vorausgesetzte Bedingung darstellt (Wagener 1932, S. 398).

Wenn wir z. B. die Niederschlagskarte der Erde (Süring 1927, Ekhardt 1930, Meinardus 1934) und die Karte der Temperaturanomalien des Oberflächenwassers des Weltmeers (Krümmel 1907, Schokalski 1917, Schott 1935) miteinander vergleichen, so finden wir, dass die niederschlagsreichen Meeresregionen mit den Gebieten positiver Temperaturanomalien zusammenfallen, während Trockengebiete Meere mit negativen Anomalien einnehmen. Wenn man ausser den positiven und negativen Temperaturanomalien auch die ozeanische Polarfront und die subtropischen Konvergenzlinien im Auge hat und die wenig untersuchten Polargebiete des Weltmeeres weglässt, so kann man fünf Typen des Meeres — ein relativ warmes tropisches, ein relativ kaltes tropisches, ein relativ warmes gemässigt, ein relativ kaltes gemässigt und ein relativ kaltes polares Meer — aufstellen, deren wesentlichste Kennzeichen in der Tabelle 5 aufgezählt sind (Markus 1930 d). Alle relativ warmen Meere sind gleichzeitig niederschlagsreich (Tab. 19), und sie bedingen auch den Niederschlagsreichtum derjenigen Länder, die sie berühren. Für die relativ kalten Meere dagegen ist Trockenheit charakteristisch, und an sie grenzen Wüsten und Wüstensteppen.

Die Karten zeigen so einen deutlichen Zusammenhang zwischen den Temperaturanomalien und den Niederschlägen (Markus 1935 d). Wenn wir nun erörtern wollen, welche von den zu behandelnden Erscheinungen als Bedingung der anderen erscheint, so berücksichtigen wir, dass die Temperaturanomalien des Oberflächenwassers von den Meeresströmungen und Bewegungen des Wassers in vertikaler Richtung hervorgerufen werden, und dass die Meeresströmungen durch die Rotation der Erde, die gegenseitige Lage der Kontinente usw. bedingt sind. Infolgedessen werden die Temperaturanomalien zu den bedingenden Erscheinungen gezählt, während die kausale Abhängigkeit der Regenlosigkeit von den kalten Meeresströmungen und dem kalten Auftriebswasser heute als eine sichergestellte Tatsache betrachtet wird (Schmidt 1928, S. 37).

5. Vergleichung der Linien.

Man stellt sich auf der Erdoberfläche eine Linie vor und untersucht bestimmte Erscheinungen längs dieser Richtungslinie. Dabei stellt man oft den Charakter der zu untersuchenden Erscheinungen und ihrer vorausgesetzten Bedingungen graphisch dar, wobei für die Konstruktion graphischer Darstellungen Koordinatenachsen oder geographische Karten verwendet werden.

Auf der Abb. 6 sehen wir zwei Profile, von denen das obere

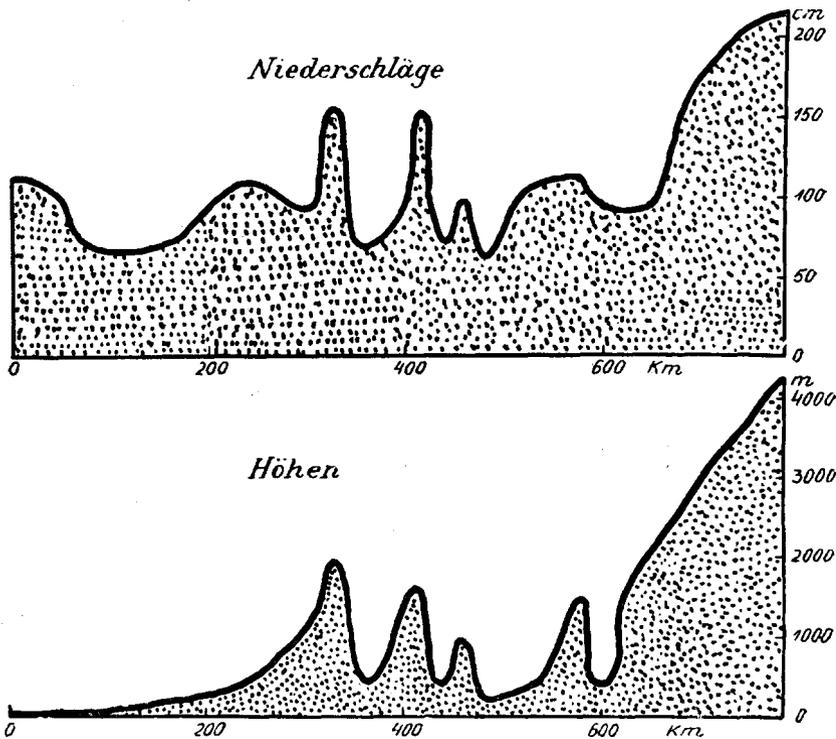


Abb. 6. Kausalprofil:
Klimaprofil Bordeaux — Finsteraarhorn.

die Niederschlagsmenge längs der Linie Bordeaux — Finsteraarhorn und das untere — das entsprechende Höhenprofil darstellt. Diese Profile bilden zusammen ein Kausalprofil (Krause 1927), das den Einfluss der Berge auf die Niederschlagsmenge veran-

schaulich: die höheren Gebiete sind regenreicher¹⁾, die niedrigeren dagegen trockener (Walther 1928, Schmidts Klimaprofile).

Wenn wir auf der Erdoberfläche eine Richtungslinie betrachten, dabei diejenigen Erscheinungen beobachten, die auf dieser Linie in einem bestimmten Moment konstatiert werden oder in verschiedenen Momenten aufeinander folgen, und die Eigenart dieser Erscheinungen graphisch auf der Karte darstellen, so erhalten wir ein chorographisches Profil (Markus 1934, S. 225).

Bei der Darstellung wandernder barometrischer Minima z. B. verzeichnen wir auf der Karte ihre Zugbahnen, während die verschiedenen Eigenschaften der Minima durch die Breite des entsprechenden Streifens oder durch die Länge, Breite und Farbe der Rechtecke usw. dargestellt werden können (Markus 1934).

Auf dem Kartogramm 7 sehen wir eine typische Zyklone (I),

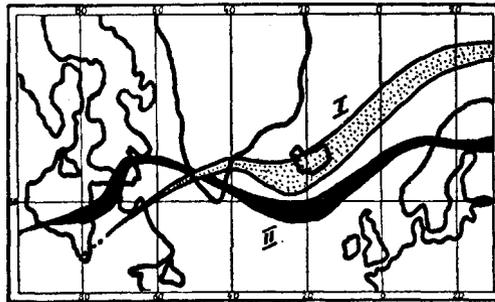


Abb. 7. Zugbahnen der Zyklonen.

I = Minimum vom 18. Januar 1932.

II = Minimum vom 20. Oktober 1932.

Die Breite der Bahnen ist proportional der Luftdrucksdifferenz: 750—740 = 10 mm, 750—730 = 20 mm, 750—720 = 30 mm usw. Punktiert... 760 mm.

die in Nordamerika erscheint (16. I. 32), von Amerika nach Nordosten wandert, sich in der Umgebung von Island plötzlich vertieft, am 18. Januar 1932 ihr tiefstes Zentrum (700 mm) erreicht und sich dann nach Nowaja-Semlja bewegt.

Das chorographische Profil ermöglicht uns, Eigenschaften der Erscheinungen genauer zu studieren. Das Minimum vom 20. X. 32 (Abb. 7, II) unterscheidet sich von dem erstgenann-

¹⁾ Ausserdem sind niederschlagsreich die Gebiete, die an Meere grenzen.

ten dadurch, dass es drei Vertiefungsgebiete aufweist, nämlich in der Umgebung der Hudson-Strasse, Islands und der Ostsee. Ähnliche Untersuchungen zeigen, dass das Westeuropäische Meer (Markus 1934) als ein wichtiges Vertiefungsgebiet der barometrischen Minima erscheint. Gewöhnlich entstehen die Zyklonen in Nordamerika, bewegen sich aus den Vereinigten Staaten oder Kanada von Westen nach Osten, vertiefen sich auf dem Westeuropäischen Meer und wandern dann nach Europa oder der Barentssee, wo sie allmählich absterben. Das Gesagte wird ausser der Abb. 7 noch durch das Kartogramm 8 veranschaulicht, auf welchem

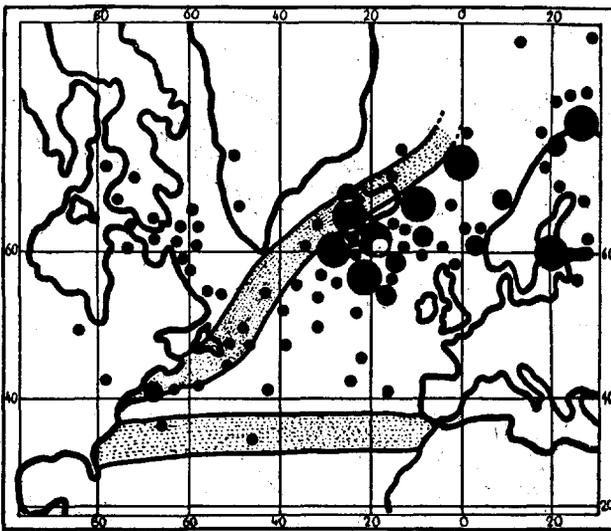


Abb. 8. Vertiefungsgebiete der Minima.

Grösster Kreis = Minimum von < 720 mm.

Mittlerer „ = „ „ $720-725$ mm.

Kleinster „ = „ „ > 725 mm.

Punktierte Streifen = Grenzstreifen des Westeuropäischen Meeres.

die „tiefsten Zentren“ der im Jahre 1932 beobachteten Minima eingetragen sind.

Um die Idee des chorographischen Profils bei der Untersuchung kausaler Beziehungen anzuwenden, verzeichnen wir auf der Karte zwei Profile, die einerseits die zu untersuchende Erscheinung und andererseits ihre vorausgesetzte Bedingung darstellen.

Bei der Vertiefung der Zyklonen spielt eine wichtige Rolle das

nordwestliche Grenzgebiet des Westeuropäischen Meeres; denn bei der Annäherung an die ozeanische Polarfront beginnen die Minima sich gewöhnlich rasch zu vertiefen. Um die Ursache einer solchen Vertiefung festzustellen, untersuchen wir die chorographischen Profile verschiedener Erscheinungen, die an einer die ozeanische Polarfront westöstlich durchquerenden Richtungslinie beobachtet werden. Dabei ergibt sich, dass die Veränderung des Luftdrucks im Zentrum einer Zyklone und die Zu- und Abnahme der Temperatur des atlantischen Oberflächenwassers in westöstlicher Richtung untereinander am besten übereinstimmen (Abb. 9): man

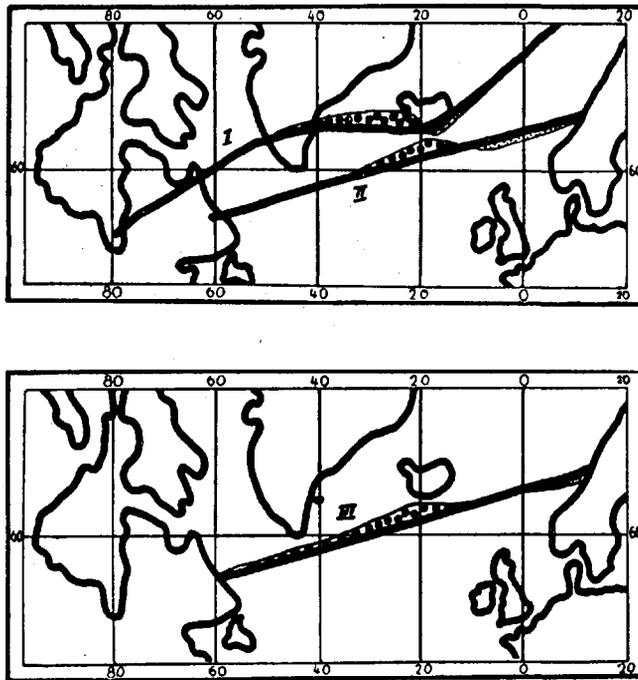


Abb. 9. Bedingung der Zu- und Abnahme der Tiefe von Zyklonen (Markus 1934).

I, II = Zu- und Abnahme der Tiefe der Zyklonen: I = Minimum vom 18. Januar 1932 (vgl. das Kartogramm 7). II = chorographisches Profil einer typischen, im Winterhalbjahr von Westen nach Osten wandernden Zyklone. III = chorographisches Profil der Zu- und Abnahme der Wassertemperatur in westöstlicher Richtung im Winterhalbjahr. Dicke Linien stellen die Richtungslinien der Profile dar. Ihre linken Seiten bezeichnen die Zunahme der Tiefe und der Temperatur, ihre rechten Seiten die Abnahme derselben.

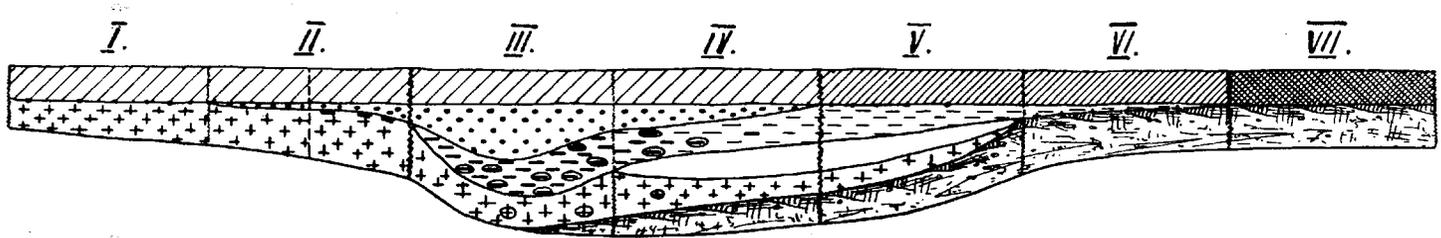


Abb. 10. Topographische Reihe der Böden (Markus 1929).

1. Humusschicht.
2. Bruchwaldtorf.
3. Torf.
4. Dunkle Schicht.
5. Schwarzbraune Schicht.

6. Rostbraune Schicht.
7. Podsol.
8. Ortstein.
9. Gleyschicht.
10. Weissliche Schicht.

- Böden:
- a) Podsolböden:
 - b) Podsolmoorböden:
 - c) Bruchwaldmoorböden:
 - d) Torfmoorböden:

- Böden:
- I — schwach podsolierter.
 - II — podsolierter.
 - III — mit schwarzbrauner Schicht.
 - IV — gegliederter.
 - V — trockner.
 - VI — feuchter.
 - VII.

sieht, dass eine rasche Vertiefung der Minima im Gebiet grosser Temperaturgradienten beobachtet wird, wo das kalte Polarwasser mit dem der warmen Westwindzone zusammentrifft.

Die Abb. 15 veranschaulicht die Abhängigkeit der Verbreitung des Ackerlandes und der Moore von der Neigung der Erdoberfläche: schwach geneigte und fast horizontale Erdoberflächen sind nass und werden von Mooren eingenommen (Markus 1930 c); auf den geneigten Erdoberflächen wächst Wald; aus stark geneigten Gebieten ist der Wald durch Ackerland verdrängt.

6. Reihen geographischer Gebiete.

Wenn wir uns in einem Erdmoränengebiet Estlands längs einer bestimmten Richtungslinie bewegen und das Gefälle der Erdoberfläche dabei allmählich abnimmt, so kommen wir aus einem echten Walde in ein Waldmoor und dann in ein echtes Moor. Im echten Walde, im Waldmoore und im echten Moore ist nur ein einziges bedingendes Element der Landschaft — das Relief — verschieden, während die anderen bedingenden Elemente (Klima, geologischer Untergrund) in allen drei Landschaften dieselben sind. Wir sagen dann, dass die erwähnten Landschaften eine topographische Reihe von Landschaften (Abb. 10) bilden.

Ebenso bilden eine topographische Reihe die Zonen der Bodenvegetation, die entsprechend der Zunahme der Seentiefe angeordnet sind (Lundquist 1927; Thunmark 1931, S. 31).

Taylor (Taylor 1933, S. 110) stellt die Abhängigkeit der Vegetation und der Böden Australiens von der Niederschlagsmenge in folgender klimatischen Reihe dar (Tab. 6, Abb. 11).

Ausser der topographischen und der klimatischen Reihe können geographische Gebiete auch entsprechend ihren anderen bedingenden Elementen in Reihen gestellt werden (Tab. 6).

Um die Ursachen der Entstehung einer vorliegenden Reihe festzustellen, untersuchen wir den Charakter der Abwandlung der uns interessierenden Reihe beim Übergang aus einem Gebiet in ein anderes und verfolgen auch die Bedingungen, die sich dabei parallel abwandeln. Wenn wir z. B. aus dem Waldgebiete Osteuropas allmählich in die Steppen und Wüstensteppen Russlands und in die Wüsten von Turan übergehen, so finden wir, dass dabei die jährliche Niederschlagsmenge parallel abnimmt. Deswegen betrachten wir die erwähnte Reihe von Landschaften als eine klimatisch

Tab. 6. Reihen geographischer Gebiete.

Gebiete, die Reihen bilden	Eigenschaften der Reihen						Land	Literaturquelle			
Böden	Bedingung	Gefälle der Erdfläche	→ Abnahme des Gefälles → $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{400}$				Selgus (Estland)	Markus 1929			
	Folgeerscheinung	Bodendecke	Podsolböden	Podsolmoorböden	Bruchwaldmoorböden	Torfböden					
Lakustrine Vegetationszonen	Bedingung	Wassertiefe des Sees	→ Zunahme der Tiefe →				Schweden	Lundquist 1927			
	Folgeerscheinung	Lakustrine Vegetationszonen	Sublitoral	Elitoral	Mikroelitoral	Profundal		Thunmark 1931			
Landschaften der gemäßigten Zone	Bedingung	Niederschlagsmenge	100 cm → Abnahme der Niederschläge → < 25				Osteuropa m. Turan; Vereinigte Staaten von Amerika; Argentinien; China	Hettner 1923, 1926			
	Folgeerscheinung	Landschaftsgürtel	Taiga mit Podsolböden	Steppen mit Schwarzerde	Wüstensteppen mit kastanienbraunen Böden	Wüsten mit Wüstenböden		Krische 1928			
Landschaften der Tropenzone	Bedingung	Niederschlagsmenge	> 100 cm → Abnahme der Niederschläge → < 25cm				Westafrika Sudan Südafrika	Dokutschajew 1883			
	Folgeerscheinung	Landschaftsgürtel	Tropische Regenwälder mit Laterit	Savannen mit Schwarzerde	Wüstensteppen mit kastanienbraunen Böden	Wüsten mit Wüstenböden		Thorpe 1933			
Vegetation u. Böden SO-Australiens	Bedingung	Niederschlagsmenge	100"	60"	40"	30"	20"	10"	4"	SO-Australien	Taylor 1933
	Folgeerscheinung	Vegetation	high moor	forest	savanna-woodland	savanna	desert	gray earths	desert		dune	Prescott 1931
		Bodendecke	peat	podsol	chestnut & black earth	mallee	desert	dune			

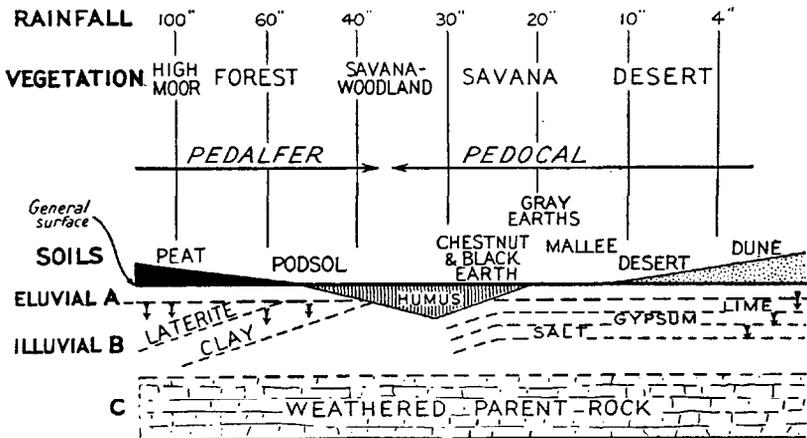


Abb. 11. Klimatische Reihe der Vegetation und der Böden (Taylor 1933).

bedingte Erscheinung. Unsere Annahme wird noch begründeter, wenn wir verschiedene äquivalente Reihen untereinander vergleichen (Krische 1928); derartige Verhältnisse finden wir ausser in Ost-europa und Turan noch in Nordamerika, Südamerika, Australien, China (Thorp 1935) usw. (Tab. 6).

Bei der Analyse von Reihen geographischer Gebiete müssen wir jedesmal erörtern, ob die Glieder einer bestimmten Reihe entsprechend einer einzigen bedingenden Erscheinung angeordnet sind, oder ob wir es in dieser Reihe mit der Abwandlung vieler bedingender Erscheinungen zu tun haben. Wenn wir z. B. ausser der Niederschlagsmenge auch die Lufttemperatur in Betracht ziehen, d. h. die zwei folgenden klimatischen Bodenreihen untereinander vergleichen (Tab. 7):

Tab. 7. Klimatische Bodenreihen.

Temperaturzone	Abnahme der Niederschlagsmenge →			
	Tropisches Klima	Tropische Regenwälder mit Laterit	Savannen	} mit Schwarzerde	Wüstensteppen mit kastanienbraunen Böden
Gemäßigtes Klima	Taiga mit Podsolböden	Steppen	Wüsten	

so bemerken wir, dass die Schwarzerde in allen Übergangsbereichen zwischen Wüsten und regenreichen Gebieten vorkommt, während für Regenlandschaften der Tropenzone die Laterite und für die gemässigte Zone die Podsolböden charakteristisch sind.

7. Grenzlinien.

Man untersucht statistisch die Verbreitung einer bestimmten Erscheinung auf der Erdoberfläche und verzeichnet auf der Karte Isolinien, die die Dichte dieser Erscheinung bezeichnen. Die entsprechenden Isolinien heissen Isothermen, Isobaren, Isohyeten, Isohypsen, Vegetationslinien (Walter 1927) usw. Die relative Grösse des Abstandes zwischen den Isolinien bezeichnet man als Gra-

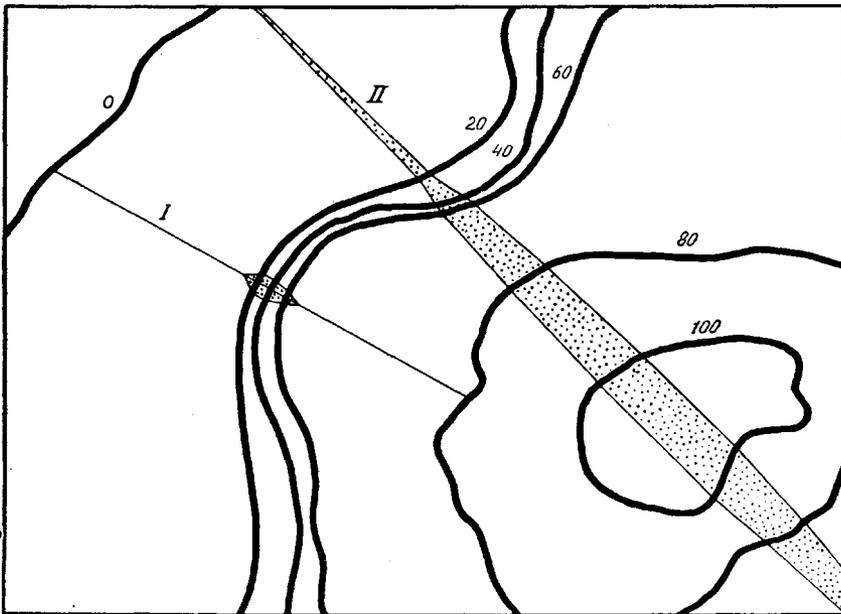


Abb. 12. Graphische Darstellung der Verbreitung einer Erscheinung.

0, 20, 40, 60, 80, 100 . . . Isolinien (Dichte der Erscheinung).

Der erweiterte Teil des chorographischen Profils I bezeichnet die Lage einer inneren Grenzlinie im Verbreitungsgebiete der dargestellten Erscheinung, während das Profil II das Kerngebiet der Erscheinung zeigt (die Breite des Profils I ist proportional dem Gradienten, die Breite des Profils II dagegen proportional der Dichte der Erscheinung).

dient oder Gefälle: Temperaturgradient, Florengefälle (Walter 1927, S. 16), Gefälle der Erdoberfläche usw.

Die Grenze der Verbreitungsgebiete von zwei Erscheinungen kann als eine Grenzlinie oder als ein Übergangsbereich zwischen ihnen, d. h. als ein Grenzstreifen, eine Grenzzone, ein Grenzgebiet usw. erscheinen (Däniker 1928, S. 470; Sorge 1930, S. 278).

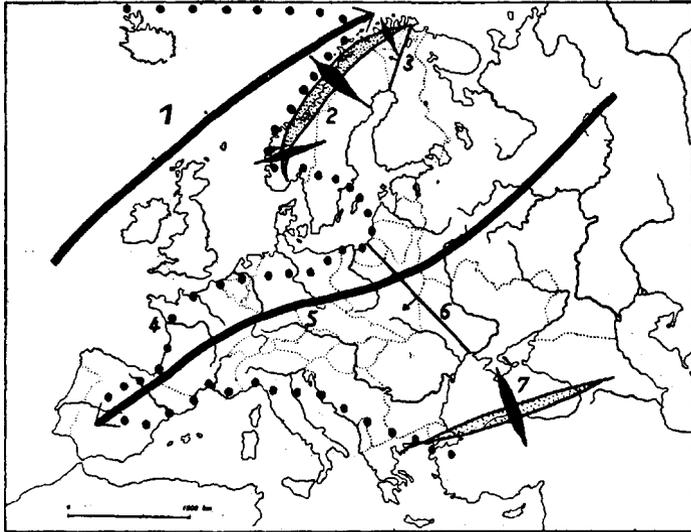


Abb. 13. Graphische Darstellung einiger klimatischer Erscheinungen (Markus 1935).

- 1, 5 . . . Hauptrichtungen begünstigter Bewegungen:
 1 Vordringen atlantischer Wärme.
 5 Vordringen borealer Merkmale.
- 4 Eine typische Lage der 0°-Isotherme (15. Februar 1932).
- 2 Temperaturlinie von Skandinavien.
 Die Breite der Profile ist proportional dem Gradienten der Januartemperatur. Der punktierte Streifen bezeichnet die Richtung der Temperaturlinie.
- 3, 6 . . . Klimatische Pforten:
 3 Lappländische Pforte.
 6 Sarmatische Pforte.
 Der Pfeil zeigt die Richtung der Ausbuchtung der Januarisothermen.
- 7 Milder Winter auf dem Schwarzen Meer.
 Die Profile bezeichnen die Januartemperatur der Luft, während ihre Breite den Zahlen $1^0 = 3^0 - 2^0$, $2^0 = 4^0 - 2^0$, $3^0 = 5^0 - 2^0$ und $4^0 = 6^0 - 2^0$ proportional ist (3^0 , 4^0 . . . Januartemperaturen).

Bei der statistischen Untersuchung einer Erscheinung können wir oft ein Gebiet feststellen, wo diese Erscheinung am reichlichsten auftritt oder wo ihre Eigenschaften am besten ausgebildet sind (Abb. 12, Tab. 11). Das ist das Kerngebiet dieser Erscheinung. Weiter werden im Verbreitungsgebiete einer Erscheinung oft Scharungsgebiete der Isolinien, d.h. solche Erdstreifen beobachtet, wo der Gradient, das Gefälle der Erscheinung besonders gross ist.

Wenn wir z.B. eine zu untersuchende Erscheinung längs einer Richtungslinie behandeln (Abb. 12), so können wir folgendes beobachten.

Die Isolinie 0 bezeichnet die äussere Verbreitungsgrenze der vorliegenden Erscheinung. Die Isolinien 20–60 sind stark zusammengedrängt, und das chorographische Profil zeigt hier eine schroffe Veränderung im Charakter der Verbreitung der zu untersuchenden Erscheinung. Hier finden wir eine innere Grenze, die die Verbreitungsgebiete von verschiedener Intensität voneinander abtrennt.

Aus der Temperaturkarte von Europa (Gorczyński 1918) folgt, dass längs dem Skandinavischen Gebirge ein Scharungsgebiet der Januarisothermen von Nordosten nach Südwesten verläuft. Wir ziehen verschiedene Profile, die das Scharungsgebiet senkrecht durchqueren und die Grösse des Temperaturgradienten anzeigen (Abb. 13). Die erweiterten Teile der Profile bezeichnen den Verlauf einer Grenzlinie — der Temperaturlinie von Skandinavien. Wenn man nun die genannte Grenzlinie als eine Richtungslinie betrachtet und längs dieser Linie die Grösse des Temperaturgradienten darstellt, so wird das konstruierte chorographische Profil die Orte zeigen, wo die Temperaturlinie am deutlichsten hervortritt sowie in welcher Richtung sie allmählich verschwindet.

Jede Grenzlinie soll einer Analyse unterworfen werden: man stellt das Faktum und die Zeit des Auftretens der Grenzlinie fest, bestimmt ihre Ordnung, untersucht die Fortsetzung der Grenzlinie und versucht die Bedingungen ihres Vorkommens aufzustellen.

Den Peipussee durchquert in nordsüdlicher Richtung eine Grenzlinie — die Peipuslinie, mit der die Staatsgrenze von Estland und Russland, die ehemaligen Staatsgrenzen von Schweden und Russland und des Deutschen Ordens und Russlands, fer-

ner die estnisch-russische Sprach- und Volksgrenze, die Grenze der lutherischen und der orthodoxen Kultur und viele andere Grenzlinien zusammenfallen: die Peipuslinie erscheint als eine kultur-geographische Grenze und bildet so eine Grenzlinie höherer Ordnung (Tab. 8, Abb. 5, 14 u. 15 b).

Tab. 8. Grenzlinien verschiedener Ordnung.

Grenzlinien höherer Ordnung		Grenzlinien niederer Ordnung		
Peipuslinie	Anthropogeographische Grenze	Staatsgrenze	Westen	Osten
			Orden Schweden Estland	} Russland
		Völker- und Sprachgrenze	Fennougrier		Slaven
		Kulturgrenze	Religion: lutherisch Schrift: lateinisch Gebäude: usw.	orthodox russisch slavisch
Isländische Polarfront	Landschaftsgrenze	Ozeanische Polarfront	Nordwesten	Südosten
			Kaltes Polarwasser des Labradorstroms	Warmes Wasser der Westwindzone
		Klimagrenze	Regenarmes Klima	Regenreiches Klima

Wenn wir nun die südliche Fortsetzung der Peipuslinie untersuchen, so sehen wir, dass die Linien, die auf dem Peipus miteinander zusammenfallen, in südlicher Richtung auseinandergehen: die schwedisch-russische Staatsgrenze lag bis 35 km westlich von der heutigen estnisch-russischen Staatsgrenze; die Staatsgrenzen sind fast niemals mit der Sprachgrenze zusammengefallen; die Sprachgrenze deckt sich nicht mit der Grenze der lutherischen und der orthodoxen Kultur usw. Das weist auf die Schärfe, die Deutlichkeit der Peipuslinie hin, die eine starke Scheidekraft besitzt, während südlich vom Peipussee ein schrankenfreies Gebiet liegt.

Wenn wir nun zu den Bedingungen des Auftretens der Peipuslinie übergehen, so lenken zwei Hauptrichtungen in der Bewegung der Slaven in geschichtlicher Zeit unsere Aufmerksamkeit

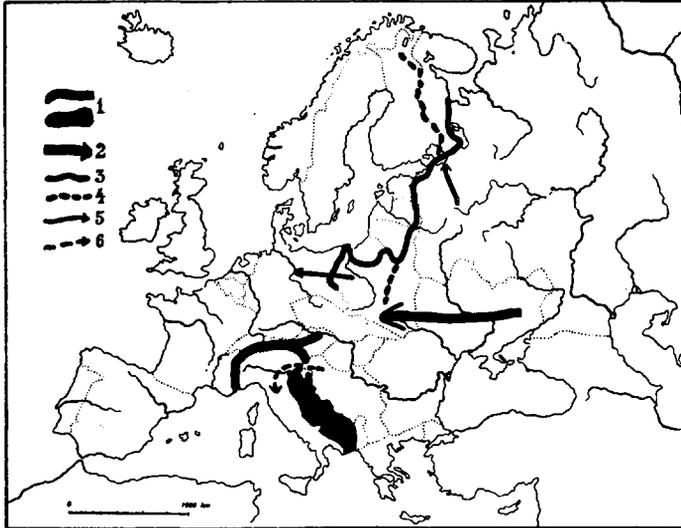


Abb. 14. Julische Durchgangslandschaft.
Peipuslinie.

- 1 ... Grenzschranke.
- 2 ... Druck der Hunnen 375.
- 3 ... Slavische Sprachgrenze im Westen.
- 4 ... Grenze der orthodoxen Konfession.
- 5 ... Drang der Slaven nach Westen und nach Norden (um 900 nach Chr.) (Braun-Ziegfeld 1930).
- 6 ... Völkerwanderung nach der Apenninenhalbinsel.

auf sich: ihr Vorrücken nach Westen — zur Elbe und zur Ostsee und ihr Vordringen nach Norden (Braun — Ziegfeld 1930, S. 4—8, Neuzeit) (Abb. 14 u. 16).

Während die Slaven von der Elbe später verdrängt wurden, wanderten sie im Nowgoroder Gebiet allmählich nach Nordwesten, bis sie die Peipuslinie erreichten. Wie die archäologischen Funde zeigen, besetzten sie das Grenzgebiet von Estland in der jüngeren Eisenzeit, so dass die Peipuslinie schon vor 1000—1200 Jahren entstanden ist.

Einen anderen Faktor des Auftretens der Peipuslinie bilden die Völker, die das Ostbaltikum besiedeln oder früher besiedelt haben, während der Peipussee eine Gleichgewichtsgrenze (Passarge 1921 u. 1926, S. 173) zwischen diesen Völkern und den Slaven bildet.

Unsere besondere Aufmerksamkeit verdienen diejenigen Grenz-

linien, die die vergleichende Methode auf sich anwenden lassen. Besprechen wir in dieser Beziehung einige innere Grenzlinien der Wirkungsgebiete kausaler Faktoren.

Eine Grenzlinie von Wirkungsgebieten lernen wir in Südafrika kennen. Wenn man im Januar aus dem Gebiete des Südwestafrikanischen Meeres der Küste von Namib sich nähert, so kommt man aus einem ausgedehnten Gebiet relativ niedriger gleichmäs-

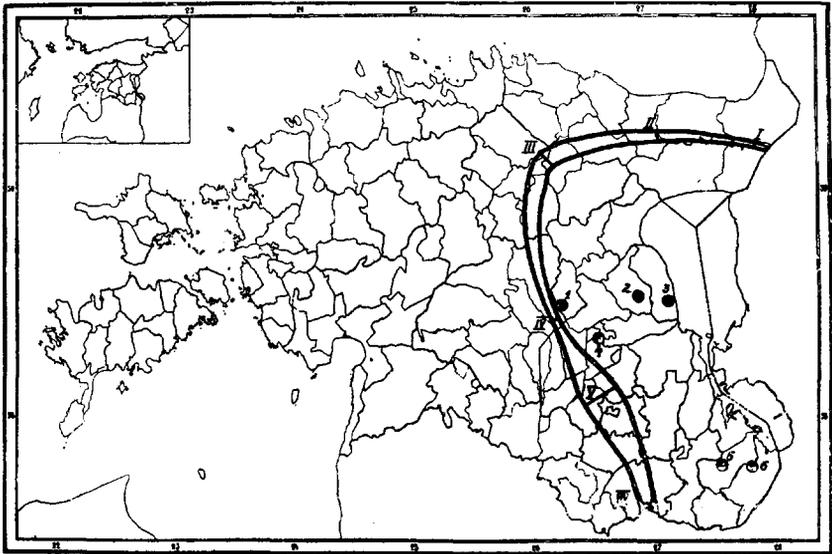


Abb. 15a. Karte von Estland.

Die Breite des chorographischen Profils ist proportional dem Gefälle der Erdoberfläche.

Bestimmungsstellen des Gefälles und des Prozentsatzes der Moorfläche und des Ackerbodens (Abb. 15 b):

- I Schwach geneigte Niederung von Narva (Flachlandschaft Tammekann's) (Tammekann 1933, S. 17).
- III Drumlinisiertes Gebiet.
- IV Flaches Becken.
- V Moränenhügellandschaft.
- II u. VI . Übergangsbiete.
 - 1 . . . Sandwall bei Laiva.
 - 2 . . . Kameslandschaft von Selgus.
 - 3 . . . Moor von Jätasoo.
 - 4 . . . Moorbucht von Lauge.
 - 5 . . . Orthodoxes Kloster (Stadt Petseri).
 - 6 . . . Dünenlandschaft von Vilo.

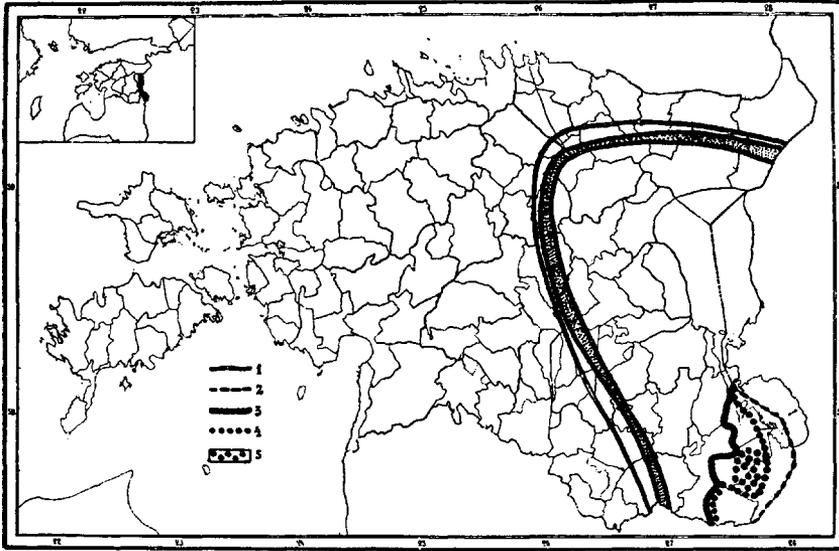


Abb. 15 b. Karte von Estland.

- 1 . . . Peipuslinie (Nebenkarte).
- 2 . . . Estnisch-russische Staatsgrenze.
- 3 . . . Staatsgrenze des Ordensgebiets und Russlands.
Staatsgrenze Schwedens und Russlands.
Westliche Grenze der Verbreitung der orthodoxen Konfession,
der slavischen Gebäude.
- 4 . . . Estnisch-russische Sprachgrenze.
Östliche Grenze der Verbreitung der estnischen Folklore, der estnischen
Kleidung usw.
- 5 . . . Mischungsgebiet von Esten und Russen.
- 2 u. 3 . Westliche und östliche Grenze von Setukesien.
- 3 u. 4 . Grenzen des Kreuzungsgebietes westlicher (Volk -- Esten, Sprache
estnisch, Folklore und Kleidung estnisch, Staat — Estland) und östlicher
(orthodoxe Konfession, slavischer Charakter der Gebäude, frühere Zugehörig-
keit des Gebietes zu Russland) Einflüsse.

Chorographisches Profil :

punktierter Streifen — Moorfläche, weisser Streifen — Ackerboden (die Breite der Streifen ist proportional dem Prozentsatze des Ackerbodens und der Moorfläche).

siger Temperaturen von 18° bis 20° allmählich in wärmere Gebiete, in denen die Temperatur rasch von 20° auf 30° (in Kalahari) steigt. Die Januarisothermen sind hier stark geschart (Gorczyński 1918, Berg 1927), und das chorographische Profil, das die Veränderung des Temperaturgradienten in westöstlicher Richtung darstellt, zeigt,

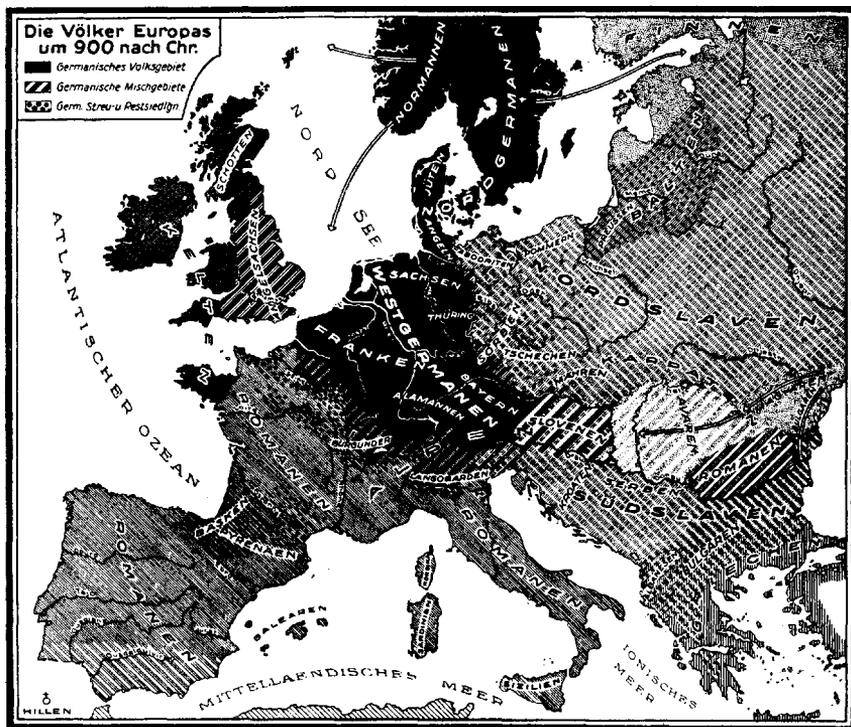


Abb. 16. Drang der Slaven nach Westen und Norden
(Braun-Ziegfeld 1930).

dass längs der Küste von Namib eine deutliche Grenzlinie verläuft — die Temperaturlinie von Namib (Abb. 17).

Erörtern wir nun die Frage, warum im Januar in Namib eine markante klimatische Grenzlinie entsteht.

Im Sommer erwärmt sich stark der südliche Teil des afrikanischen Kontinents, das Trockengebiet von Kalahari (Hettner 1926, S. 178). Längs der Küste von Namib bewegt sich der Benguelastrom, der aus dem polaren Meere kaltes Wasser ins Südwestafrikanische Meer führt (Markus 1930). Mithin befindet sich das Küstengebiet von Namib im Sommer unter dem Einfluss zweier Faktoren: von Südwesten breitet sich bis an die Temperaturlinie von Namib der Einfluss des kalten Benguelastroms aus, der die Januartemperatur der Luft vermindert (Temperaturanomalie der Luft im Januar — 4° , Süring 1926), von Nordosten aber erreicht die genannte Grenzlinie der Einfluss des sich im Sommer stark

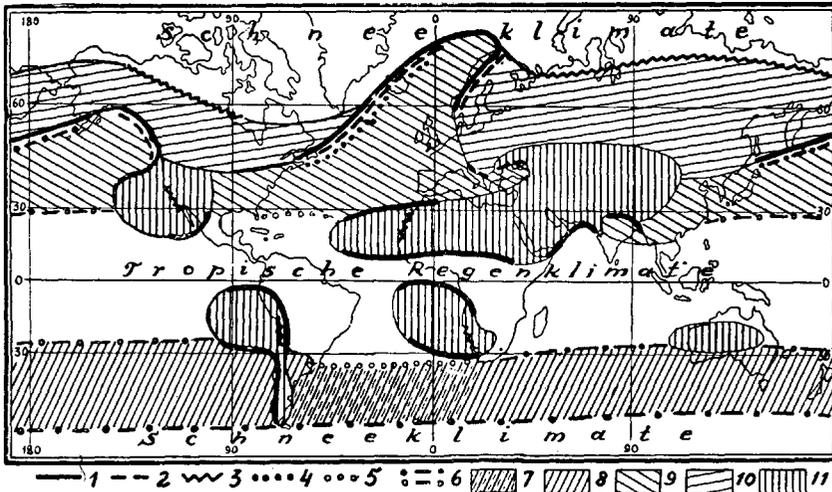


Abb. 17. Klimatische Grenzlinien.

[Zusammengestellt nach Berg (1927), Defant (1928), Ekhardt (1930), Felber (1934), Gorczyński (1918), Hettner (1923 und 1926), Köppen (1923), Meinardus (1934) Schott (1926), Rubinstein (1932) u. a.]

1 Regenlinie. 2 Temperaturlinie (Winter). 3 Temperaturlinie (Sommer). 4 Ozeanische Polarfront. 5 Subtropische Konvergenzlinie. 6 Ungefähre Lage einer Grenzlinie. 7 Scharungsgebiet der Jahresisothermen des Oberflächenwassers und der Luft, der Jahresisobaren usw. auf dem Südatlantikum. 8 Warmgemäßigte Regenklimate der südlichen Halbkugel. 9 Warmgemäßigte Regenklimate der nördlichen Halbkugel. 10 Boreale Klimate. 11 Trockenklimate.

erwärmenden Trockengebietes von Kalahari (Temperaturanomalie der Luft im Januar $+4^{\circ}$, Süring 1926).

Die Temperaturlinie von Namib kann so als eine Grenzlinie der Wirkungsgebiete zweier Faktoren — der kalter Meeresströmung und des im Sommer sich erwärmenden Trockengebietes — aufgefasst werden.

Diese Annahme kann durch die Anwendung der vergleichenden Methode bestätigt werden. Ähnlich der Grenzlinie von Namib entstehen die Temperaturlinien von Nordchile, Kalifornien und Westsahara (Tab. 9). Sogar das Vorhandensein der Temperaturlinie von Skandinavien wird durch den Einfluss von Faktoren zweier Richtungen erklärt, denn östlich von Skandinavien befindet sich das im Winter sich stark abkühlende Sibirien, während westlich von der genannten Temperaturlinie sich die die Luft im Winter erwärmende warme Meeresströmung (Golfstrom) bewegt.

Tab. 9. Temperaturlinien
(Markus 1935).

Grenzlinien		Zeit des Vorkommens	Sommer				Winter	
		Lage	Namib	Nordchile	Kalifornien	West-sahara	Skandinavien	Westkanada
Feststellung der Grenzlinie	Temperaturgradient	Ozean	g e r i n g					
			10/500 km	10/500 km	10/300 km	10/900 km	10/250 km	10/200 km
	Festland	g e r i n g						
			10/600 km	10/600 km	10/100 km	10/500 km	10/200 km	10/150 km
	Grenzlinie	g r o s s						
			10/60 km	10/35 km	10/35 km	10/180 km	10/30 km	10/45 km
Die mit der Grenzlinie räumlich und zeitlich verbundene Erscheinungen	Temperatur	Ozean	+14°	+16°	+16°	+22°	+ 2°	+ 2°
		Festland	+30°	+30°	+32°	+32°	-14°	-14°
		Differenz: Festland — Ozean	p o s i t i v				n e g a t i v	
			+16°	+14°	+16°	+10°	-16°	-16°
	Temperaturanomalien der Luft	Ozean	- 4°	- 4°	- 8°	- 4°	+20°	+12°
		Festland	+ 8°	+ 8°	+ 8°	+ 8°	-24° ⁰¹⁾	- 8°
Differenz: Festland — Ozean		p o s i t i v				n e g a t i v		
		+12°	+12°	+16°	+12°	-44°	-20°	
Faktoren entgegengesetzter Richtung								
Grundbedingungen	Meeresströmungen	Kalte Strömungen				Warme Strömungen		
		Benguelastrom	Perustrom	Kalifornischer Strom	Kanarienströmung	Golfstrom	Aleutenstrom	
	Festland	Das im Sommer sich stark erwärmende Gebiet				Das im Winter sich stark abkühlende Gebiet		
		von Kalahari	von Gran Chaco	der inneren Plateaus der Kordilleren	der Sahara	von Nordasien	von Nordkanada	

Da die Grenzlinien der Wirkungsgebiete diejenigen Räume voneinander abtrennen, die infolge der Wirkung bestimmter kausaler Faktoren entstehen, so können sie zur Lösung solcher Fragen dienen, die auf kausaler Grundlage basieren. Wenn wir z. B. eine klimatische Gliederung der Erdoberfläche durch-

führen und unserer Arbeit dabei diejenigen Faktoren zugrunde legen wollen, die das Auftreten der Klimagebiete bedingen, so ziehen wir die wichtigsten Regenlinien, die Temperaturlinien, die ozeanische Polarfront und die subtropischen Konvergenzlinien in Betracht: sie gliedern die Erdoberfläche in Gebiete, die mit den Klimagebieten Köppen's fast identisch sind (Köppen 1923) (Abb. 17, Tab. 10).

8. Kausale Erklärung einer nur einmalig auftretenden Erscheinung.

Bei der Behandlung einer sich auf der Erdoberfläche nicht wiederholenden Erscheinung findet man Umstände, die die zu untersuchende Erscheinung begleiten, und versucht unter ihnen eine Bedingung festzustellen, deren Vorhandensein mit den entsprechenden Beobachtungstatsachen übereinstimmt.

Bei der Untersuchung des Verhältnisses der westindischen Litoralfauna zur indo-westpazifischen werden folgende Tatsachen festgestellt (Ekman 1934).

Dem Indo-westpazifischen Gebiet ist eine reiche Tierwelt eigen, wobei dieser Reichtum sich auf ein zentrales Gebiet, den Malayischen Archipel, besonders konzentriert. Der Malayische Archipel bildet das grösste Litoralgebiet der Erde und hegt zugleich die reichste Litoralfauna der Welt. Westindien, der nächstgrösste Archipel der Erde, enthält die nächstreichste Litoralfauna und steht nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ der malayischen Fauna nahe. Dabei bezieht sich die Ähnlichkeit der genannten Faunen nicht auf die Arten, sondern auf die Gattungen und zum Teil auch auf die Familien. Diese Verwandtschaft zwischen der atlantischen und der indo-westpazifischen Fauna soll auf einer während langer Zeiten erfolgten Kommunikation zwischen den beiden beruhen. Man kommt zu der Schlussfolgerung, dass in früheren Perioden, vor der Zeit der heutigen Arten, aber innerhalb der Zeit der heutigen Gattungen, die Verbindungen zwischen dem Westindischen und dem Malayischen Gebiet beträchtlich wirksamer als heute waren.

Bei der kausalen Erklärung der festgestellten Erscheinung können zwei Bedingungen in Betracht gezogen werden (Abb. 18).

Der faunistische Zusammenhang zweier Gebiete fordert eine verbindende Verbreitungsstrasse zwischen ihnen, und zwar eine

Tab. 10. Charakteristik
(Markus)

Klimatypus		Schneeklima	Boreales Klima
Gebiet		Arktis	Sibirien
Kerngebiete	Isolinien, die das Kerngebiet (meistens konzentrisch) umgeben	Isolinie der mittleren Temperaturmaxima v. 10°: beständige niedrige Temperaturen Juliisothermen von 3° bis 5°: kühler Sommer Isohyete von 25 cm: regenarm	Januarisothermen von -40° bis -50°: ausserordentlich kalter Winter Isolinien der mittleren absoluten Temperaturminima von -50° bis -60°: sehr niedrige Temperaturminima Isoanomalen der Januar-temperatur von -18° bis 24°: im Winter abgekühlt Isolinien der jährlichen Temperaturschwankung von 50° bis 60°: grosse Temperaturschwankungen
	Ausgebuchtete Isolinien	polwärts nach dem Äquator	Januarisothermen der Luft
Grenzlinien		1. Sibirische	2. Skandinavische Tempe- 3. Skandinavische Regen- Temperaturlinie
Faktoren	Geographische Breite	Polare Lage	Höhere
	Meer, Festland	Eisreiches Meer	Ausgedehntes Festland
Charakter ihres Einflusses	Niederschläge	niederschlagsarm	niederschlagsarm
	Temperatur	Entspricht hinsichtlich der Temperatur ihrer Lage: niedrige Temperaturen, kühler Sommer 1)	Abkühlung 2) im

1), 2), 5) ... gemäss der entspre-

ganz direkte, denn es handelt sich um tropische Tiere, die das temperierte und subantarktische Südamerika nicht umwandern können. Die geologischen und paläontologischen Forschungen zeigen, dass wenigstens zeitweise während der paläozoischen Zeit und ziemlich sicher während fast der ganzen mesozoischen der Atlantik

einiger Klimagebiete
1935).

Warmgemäßigtes Regenklima	Trockenklima		Tropisches Regenklima
	Ozean	Festland	
Nordatlantik	Nordwest- afrikanisches Meer	Sahara	Äquatoriale Länder
Isoanomalien der Januartemperatur der Luft von 16° bis 20°: im Winter ab- norm erwärmt Isoanomalien der Jahrestemperatur des Oberflächen- wassers von 3° bis 5° Isohyete v. 100 cm: regenreich	Isoanomalien der Julitemperatur von 0° bis -4°: im Sommer abnorm abge- kühlt	Juliiisothermen von 32° bis 36°: heisser Sommer Isolinien der mittlere- ren absoluten Temperaturmaxima von 40° bis 45°: hohe Temperatur- maxima Isoanomalien der Julitemperatur von 4° bis 8°: im Sommer abnorm erwärmt Isohyete von 25 cm: regenärm	Isolinien der mitt- leren absoluten Temperaturminima von 10° bis 15°: Fehlen niedriger Temperaturen Isolinie der jähr- lichen Temperaturschwankung v. 5°: sehr gleichmässiger jährlicher Temperaturgang Isohyete von 100 cm: regenreich
Januarisothermen der Luft und des Oberflächenwassers		Juliiisothermen der Luft	
	Juliiisothermen der Luft und des Oberflächenwassers		
naturlinie linie	5. Temperaturlinie von Rio de Oro 4. Kanarische Regenlinie	6. Regenlinie von Sudan	
Breitenlage	Niedrigere Breitenlage		Tropische Lage
Warme Meeresströmungen (Golfstrom)	Kalte Meeresström'g (Kanarienstrom)	Ausgedehntes Fest- land	Warme Meeresströmungen
niederschlagsreich	niederschlagsarm		niederschlagsreich
Erwärmung ²⁾ Winter	Abkühlung ⁵⁾ im Sommer	Erwärmung ⁵⁾	Entspricht hinsicht- lich der Tempera- tur ihrer Lage: hohe Temperaturen
chenden Grenzlinie.			

mit dem Pazifik über das jetzige Mittelamerika in Verbindung stand, und dass diese Meeresverbindung auch in frühtertiärer Zeit bestand. Die sehr langdauernde atlantopazifische Verbindung hatte zur Folge, dass eine ziemlich einheitliche und manche endemische Formen enthaltende Litoralfauna sich in

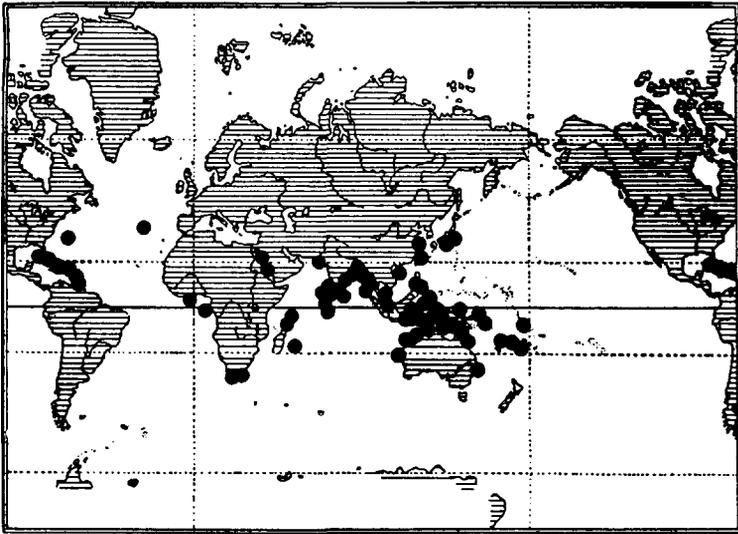


Abb. 18. Verbreitung der Gorgonarienfamilie *Gorgonellidae*
(Ekman 1934).

Beispiel einer fast zirkumtropischen Familie, die jedoch vom pazifischen Zentralamerika durch die ostpazifische Sperre ausgeschlossen ist.

jenen Gegenden ausbildete, die heute von Zentralamerika eingenommen werden. Diese Hypothese scheinen die Übereinstimmung zwischen der atlantischen und der pazifischen Fauna von Zentralamerika, das Vorkommen vieler Zwillingsarten an allen Küstengebieten Zentralamerikas u. a. zu bestätigen. Man nimmt an, dass Westindien mit dem Karaibischen Meer zur Zeit der zentralamerikanischen Ozeanverbindung in tiergeographischer Hinsicht einen Teil des Pazifischen Ozeans ausmachte (Pax 1914) und so von Westen her das indo-westpazifische Gepräge seiner Fauna bekam: man hat die westindische Fauna als eine pazifische Enklave in der atlantischen Fauna bezeichnet.

Gegen diese Hypothese spricht entschieden das Vorhandensein einer ostpazifischen Sperre im Pazifischen Ozean, zwischen Polynesien und Westamerika. Die Untersuchungen zeigen, dass das westlich vom östlichsten Polynesien gelegene indopazifische Gebiet im Verhältnis zu seiner ungeheuren Ausdehnung faunistisch auffallend homogen ist. Je mehr wir uns von dem reichen Malaiischen Archipel nach Osten entfernen, um so spärlicher wird die Litoralfauna, aber der indo-malaiische Charakter bleibt

in seinen Hauptzügen unverkennbar. Wenn wir dann, nach Osten weitergehend, an die amerikanische Küste anlangen, begegnet uns eine Tierwelt, die zwar im Wasser desselben Pazifischen Ozeans lebt, jedoch mit der atlantischen Fauna näher verwandt ist. Das inselreie Meer zwischen Polynesien und Westamerika bildet so die schärfste Unterbrechung in der sonst zirkumtropischen litoralen Warmwasserfauna, wobei die Verschiedenheiten zwischen den beiden Seiten dieses Grenzgebietes nicht nur die Arten, sondern in weit höherem Grad als bei anderen Grenzgebieten innerhalb des Tropengürtels auch Gattungen und sogar Familien betreffen. Dies alles zeigt, dass die ostpazifische Sperre zu den markantesten Verbreitungsgrenzen der Litoralfauna gehört, die während langer Perioden gewirkt hat.

Während der ganzen mesozoischen und frühtertiären Zeit dehnte sich hauptsächlich in westöstlicher Richtung quer über Asien, Europa und Afrika ein grosses Meer — die Tethys aus. In dieser Zeit waren die indo-westpazifische, die mediterrane und die mittelatlantische Fauna Teile ein und derselben grossen Einheit, der Tethysfauna. Wie die paläontologischen Untersuchungen zeigen, war der alttertiären atlantischen Fauna ein grosser Artenreichtum und ein tropischer Charakter eigen. Ebenso charakterisierte sich das europäische Tethysgebiet durch eine Fülle von tropischen Arten, während die alttertiäre mediterrane Fauna ein stark ausgesprochenes indo-westpazifisches Gepräge besass.

Es verdienen weiter unsere Aufmerksamkeit folgende Tatsachen. Seit der mesozoischen Zeit beginnt ein rapides Aussterben des früheren Tierbestandes: im ostatlantischen Gebiet z. B. enthielt die Cidaroidenfauna in der oberen Kreide 95, im Eozän 73, im Miozän 26, und im Pliozän nur 3 Arten. Gleichzeitig mit dem Verschwinden der tropischen Formen stellten sich nördlichere ein.

Die Verwandtschaft zwischen der westindischen und der indo-westpazifischen Fauna muss man durch die gemeinsame Herkunft aus einer homogenen und reichen Tethysfauna erklären. Das rapide Aussterben der mediterranen Fauna wurde durch die tertiäre Klimaverschlechterung hervorgerufen, die den Atlantik betraf und hier die tropische Fauna vernichtete. Im malayischen Gebiet dagegen lässt sich keine nennenswerte Klimaänderung in tertiärer Zeit feststellen, weshalb dieses Gebiet noch heute reich an Litoralfauna ist.

Für die Erklärung der Verwandtschaft zwischen der westin-

dischen und der indo-westpazifischen Fauna werden so zwei Bedingungen vorausgesetzt, wobei die Annahme einer Fauneneinwanderung in das westindische Gebiet von Westen her mit der Existenz einer ostpazifischen Sperre im Stillen Ozean nicht übereinstimmt und infolgedessen abgelehnt werden muss. Durch die Betrachtung der westindischen und der indo-westpazifischen Tierwelt als zwei Tochterfaunen ein und derselben Tethysfauna aber werden alle Tatsachen erklärt, die uns heute über die Beziehungen der besprochenen Faunen bekannt sind.

9. Tabellarische Darstellung der Erscheinungen.

Um die zu untersuchenden Erscheinungen untereinander zu vergleichen, stellt man sie in Tabellen zusammen, die konstante Merkmale einer Landschaft (Tab. 1, 20, 42, 45) oder überhaupt gemeinsame Eigenschaften bestimmter Objekte (Tab. 5) festzustellen ermöglichen. Ebenso untersucht man mit Hilfe der Tabellen die Regelmässigkeiten der Abwandlung, die beim Übergang aus einer Landschaft in eine andere beobachtet werden, d. h. die Zu- und Abnahme des Bedeckungs- und Konstanzgrades der Pflanzenarten, die Abwandlung der Bodenschichten u. a., die bei der Bewegung aus einem Walde in ein Moor oder bei der Behandlung der Verschiebungserscheinungen usw. konstatiert werden (Tab. 6, 11, 17, 34).

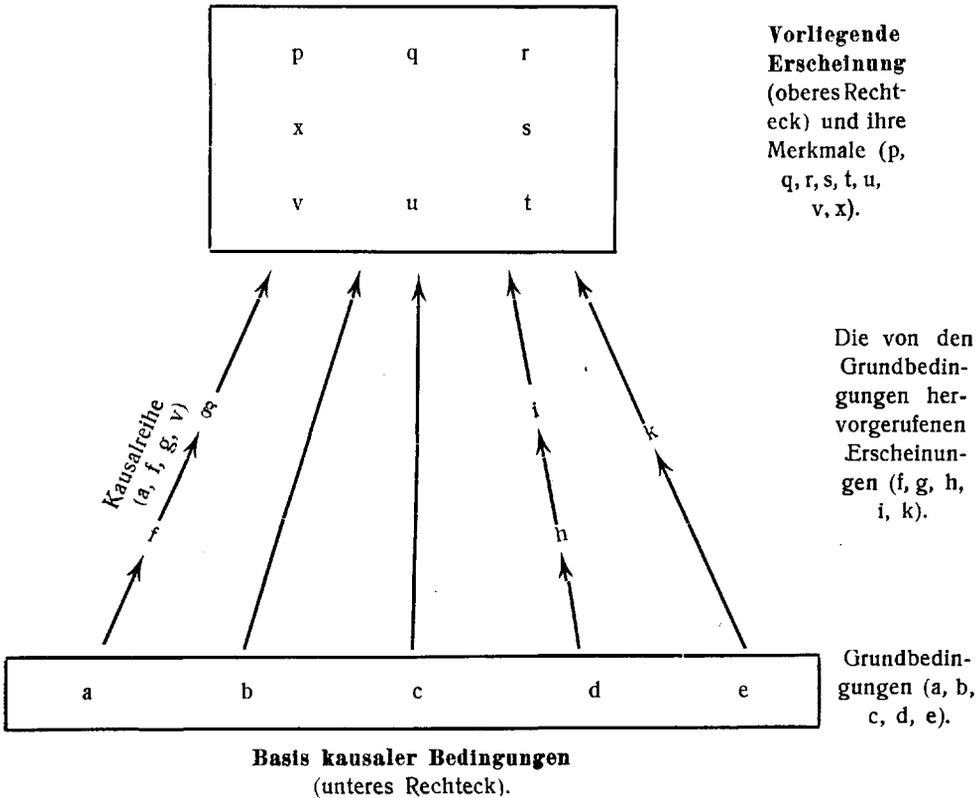
Im vorliegenden Falle interessieren uns diejenigen Tabellen, die bei der Behandlung kausaler Relationen angewendet werden.

Bei der vergleichenden Untersuchung der kausalen Bedingungen einer Erscheinung geht man folgendermassen vor.

Es wird vorerst die uns interessierende, auf der Erdoberfläche sich wiederholende Erscheinung genau festgestellt, d. h. die Gleichwertigkeit derjenigen Erscheinungen bewiesen, die in verschiedenen Gebieten vorkommen und als ein und dieselbe Art behandelt werden. In solcher Weise z. B. kommt man zu der Schlussfolgerung, dass für alle in der Tabelle 9 dargestellten Grenzlinien ein grosser Temperaturgradient charakteristisch ist, und dass sie deswegen Temperaturlinien widerspiegeln. Weiter findet man diejenigen Erscheinungen, die mit der vorliegenden räumlich und zeitlich verbunden sind. Das sind einerseits die positiven Temperaturdifferenzen des Festlandes und des Meeres, die den im Sommer vorkommenden Temperaturlinien eigen sind, und andererseits die für die im Winter auftretenden Linien charakteristischen negativen Differenzen: alle Temperaturlinien charakterisieren sich

durch grosse Temperaturdifferenzen des Festlandes und des Meeres. Zuletzt fragt man: welches ist die Grundbedingung, durch die der Charakter der beschriebenen Erscheinungen bestimmt wird. Die Tabelle 9 zeigt, dass die Temperaturlinien in Küstengebieten vorkommen und so sich unter dem Einflusse kalter Meeresströmungen und der im Sommer sich stark erwärmenden Trockengebiete befinden, oder im Berührungsgebiete warmer Meeresströmungen und der im Winter sich stark abkühlenden Kontinente liegen. Als Grundbedingung des Vorkommens von Temperaturlinien erscheint infolgedessen das Vorhandensein von Faktoren entgegengesetzter Richtung, welche Erscheinung eine Scharung der Isothermen im Sommer und im Winter hervorruft.

Wenn die Bedingungen einer Erscheinung festgestellt sind, so stellt man eine Tabelle zusammen, die die vorliegende Erscheinung und die Basis der kausalen Bedingungen dieser Erscheinung darstellt. Das geschieht nach dem Schema:



d. h. die entsprechende Tabelle muss deutlich zeigen, welche Merkmale die vorliegende Erscheinung besitzt, welche Erscheinungen ihre Grundbedingungen darstellen, durch welche Grundbedingungen ein jedes Merkmal der vorliegenden Erscheinung bedingt wird, und welche Bedingungen der Erscheinung durch die Grundbedingungen hervorgerufen werden.

Bei der tabellarischen Darstellung der geographischen Erscheinungen rückt man diejenigen Bedingungen in den Vordergrund, für die eine örtliche Verschiedenheit charakteristisch ist. In der Tabelle 31 z. B. betrachtet man als Grundbedingung von Lou-lan das Vorhandensein des Tarimflusses in der Lobwüste, der die Entstehung einer Flussoase hervorrief, so dass deren Verlegung den Untergang von Lou-lan bedingte. Weiter gehören zu den Grundbedingungen Lou-lan's seine Lage in einer Beckenzone, zwischen alten Kulturländern, u. a. In ähnlicher Weise sind ferner zusammengestellt die Tabellen 19, 28, 39 u. 41.

III. Landschaft.

1. Kausale Relationen in einer Landschaft.

Die tropischen Regenwälder Amazoniens (Bluntschli 1921) nehmen eines der grössten Tiefländer der Erde ein, das sich vom Atlantischen Ozean bis zu den Anden erstreckt, und dessen Gefälle in westöstlicher Richtung nur $1/20000$ beträgt. Ein ausgesprochen ozeanisches Klima mit grossen Niederschlagsmengen und sehr gleichmässigen Temperaturen ist der Amazonasniederung eigen. Das Monats- und Jahresmittel der Tagestemperatur schwankt dauernd um 25° C. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt 200 cm oder übersteigt diese Ziffer. In der Trockenperiode tragen kräftige, anhaltende östliche Winde ihren Wassergehalt über die Ebene, um ihn nur allmählich in die Wälder niederzusenden. Je näher man aber den Anden kommt, um so stärker sind die Niederschläge. Werden die Ostwinde schwächer und unregelmässiger, dann setzt am Unterlauf des Amazonas die Regenzeit ein. Deswegen macht sich Trockenheit nur im Unterlaufgebiet des Amazonas bemerkbar, während im Mittellauf regenlose Wochen nur selten vorkommen, und gegen die Anden hin vergeht auch in der Trockenperiode kaum ein Tag, an dem es nicht wenigstens kurzdauernde Regengüsse gibt.

Das Tiefland durchzieht der wasserreichste Fluss der Erde — der Amazonas, der über 5000 km lang ist, über 200 Nebenflüsse hat, und dessen Mündungstrichter an seiner Öffnung ins Meer eine Breite von gegen 200 km erreicht. Trotz des geringen Gefälles ist die Strömung im Hauptfluss und seinen grösseren Nebenflüssen auffällig gross, so dass selbst die grossen Meerdampfer zur Talfahrt noch nicht den dritten Teil der Zeit brauchen, welche für die Bergfahrt nötig ist. Die Ursache liegt in den ungeheuren Wassermassen, die der Fluss mit sich führt. Infolge des Abwechselns der Trockenperiode mit der Regenzeit schwankt der Wasserstand in weiten Grenzen: die Differenz zwischen dem Tief- und

dem Hochwasserspiegel beträgt fast überall viele Meter, erreicht in Manaos 10 m, am Madeira 15—16 m und am unteren Puras sogar 20 m.

Der Wasserstand beeinflusst das Leben der Pflanzen, der Tiere und des Menschen. Man unterscheidet in Amazonien drei Höhenstufen: Igapó, Varzea und Terra firma. Igapó ist jenes Land, das überhaupt nur bei Niederwasser Land vorstellt und schon bei mittlerem Wasserstand versumpft. Es ist teils durch frisch entstandene und dann vegetationslose Sandbänke gebildet, teils durch kleine Schilfwiesen mit eingestreuten Sumpfsträuchern, teils durch lichten Sumpfwald mit relativ niedriger Baumhöhe, aber oft sehr dichten Laubkulissen von mancherlei Schlingpflanzen. Die nächste Höhenstufe ist die Varzea. Dieses Land ist in der guten Jahreszeit trockener Boden, wird aber in der Regenperiode sukzessive überschwemmt. Genauerer Zusehen lässt häufig wieder besondere Unterstufen dieser Formation erkennen. Die niedriger liegende trägt dichtes holziges Gestrüpp und Buschwerk in einem noch ziemlich lichten Niederwald. Vereinzelt kommen hier schon einzelne Baumriesen vor, aber wirklich typisch werden diese „Einzelgänger“ erst in der mittleren Untergruppe. Sie trägt höheren Wald, der besonders reich an Palmen ist, aber immer noch viel Unterholz enthält. Endlich ist die höchstgelegene Varzea jenes Land, das nur in abnorm regenreichen Jahren noch überflutet wird. Ihr Wald leitet über zu jenem der Terra firma. Dieser weist gigantischen Baumwuchs mit majestätischem Charakter auf und erinnert am ehesten an unsere Hochwälder, übertrifft sie aber in der Höhe der Baumkolosse und der Mannigfaltigkeit ihrer Arten bei weitem. Im Terra firma-Wald geht man zu jeder Zeit des Jahres auf festem Grunde. Das Vorwärtskommen ist da leichter als in der Varzea, weil eigentliches Unterholz fast ganz fehlt, aber auch hier oft noch schwer genug, wenn riesige Wurzelstreben der grossen Stämme oder abgesunkene und modernde Bäume den Weg sperren. An einzelnen Stellen sind alle drei Höhenstufen nebeneinander leicht festzustellen. Doch ist die Igapóstufe vielfach unterdrückt, und auf sehr weiten Strecken, nicht selten auf Hunderten von Kilometern, fehlt die Terra firma gänzlich oder ist nur durch ganz unscheinbare kleinere Hügelchen repräsentiert.

Die Tiere passen sich den hydrologischen Verhältnissen und der Pflanzendecke an. Die Schwankungen des Wasserspiegels in Flüssen rufen Wanderungen der erdbewohnenden Tiere hervor,

die sich in Hochflutperioden auf den „Restingas“ — den erwähnten Hügelchen der Terra firma — zusammendrängen. Infolge der grossen Feuchtigkeit des Bodens sind viele Tiere (Ameisen, Spinnen u. a.) Baumbewohner geworden. Mit dieser Anpassung an das Baumleben haben sich manche kleine Raubtiere zu typischen Fruchtfressern und einige Affen zu reinen Laubfressern gewandelt.

Amazonien ist ein menschenarmes Land: die mittlere Bevölkerungsdichte macht hier nur 0 — 1 Einwohner pro Quadratkilometer aus. Feuchter, undurchdringlicher Sumpfwald erschwert die Besiedelung des Landes, und das ungesunde Klima behindert das Eindringen der Europäer.

Aus der Analyse der Regenwälder Amazoniens folgt, dass in einer Landschaft kausale Relationen festgestellt werden können. Bluntschli (Bluntschli 1921) fasst die Amazonasniederung als ein geographisches Ganzes, einen harmonischen Organismus mit scharf ausgeprägtem Eigenleben auf, wo ein gewisses Gleichgewicht besteht. Die Glieder dieses Ganzen sind kausal miteinander verbunden: das regenreiche tropische Klima bedingt die Entstehung einer üppigen Vegetation und den Wasserreichtum der Flüsse. Das geringe Gefälle bildet eine Bedingung für das Auftreten ausgedehnter feuchter Bodenflächen. Das Abwechseln der Regen- und der Trockenperioden ruft Schwankungen des Wasserspiegels der Flüsse, Überflutungen des Tieflandes und Wanderungen der Tiere hervor. Die Pflanzen passen sich den hydrologischen Bedingungen, die Tiere der Pflanzendecke an. Sogar die Verbreitung der einzelnen Glieder der Hyläa wird kausal erklärt: Igapó nimmt feuchteste Erdfächen ein, während Terra firma trockenere Gebiete beherbergt.

Neben den kausal miteinander verbundenen Erscheinungen kommen in einer natürlichen Landschaft auch solche Erscheinungen vor, die von den anderen unabhängig sind. Zu ihnen gehören z. B. diejenigen Organe der Tiere und Pflanzen, die ihre Eigenschaften schon vor Jahrtausenden bei einem ontogenetischen Entwicklungsgang empfangen haben. Gemäss der chorologischen Auffassung lässt die Geographie solche Erscheinungen beiseite und hebt in Landschaften Dinge und Vorgänge hervor, die untereinander ursächliche Relationen aufweisen.

2. Landschaft als Produkt des Zusammenwirkens geographischer Faktoren.

Wenn eine Landschaft von bestimmten Grundbedingungen kausal abhängt, so untersuchen wir das Zusammenwirken der genannten Bedingungen auf die Landschaft, behandeln die Anpassung der Landschaft an ihre Grundbedingungen und versuchen die Frage zu erörtern, ob die Landschaft einen Zustand erreichen kann, in welchem sie vollkommen ihren Grundbedingungen angepasst ist.

In Jätasoo (Markus 1925 b) (Abb. 15 a) befindet sich ein Waldmoor, das hier als ein Podsolmoor mit schwarzbrauner Bodenschicht erscheint (Tab. 11, 34, 35).

Die schwach geneigte Bodenfläche ist mit Bulten bedeckt, die 25—30 cm hoch sind, 30—50 cm im Durchmesser betragen und in einer Entfernung von 70—100 cm voneinander liegen. Der Wald besteht aus Kiefern *Pinus silvestris*, die 11—16 m hoch sind und 5—7 m voneinander entfernt liegen (Tab. 11, IV). Zwischen den Kiefern sind vereinzelt Birken *Betula pubescens* und Fichten *Picea excelsa* verstreut. Der Boden ist mit einer fast lückenlosen Sphagnumdecke (*Sphagnum acutifolium*, *Sph. amblyphyllum*) bedeckt, woraus *Hypnum Schreberi*, *Dicranum undulatum*, *Polytrichum commune* und *Vaccinium vitis idaea* hervorragen. In der Feldschicht treten reichlich *Ledum palustre* und *Vaccinium myrtillus* auf.

Der Boden besteht aus sechs Schichten. In der obersten Schicht wechseln miteinander Rohhumus und Sphagnumtorf ab (10—15 cm¹⁾). Unter der 1—2 cm mächtigen Humusschicht liegt grauweißer Sand — die Podsolenschicht (10—20 cm), der eine dunkelbraune Schicht folgt, die in einer Tiefe von 50 cm in mächtigen schwarzbraunen Ortstein übergeht; der letztere ist so fest, dass ihn die Schaufel nicht zerstückelt. In einer Tiefe von 70 cm beginnt gelblicher Sand (10 cm), der das Muttergestein — grauen Sand — bedeckt. Die schwarzbraune Schicht ist reich an Humus, F_2O_3 und Al_2O_3 (Abb. 29).

Im Waldmoor befinden sich zwei Ameisenhaufen von *Formica rufa*, die 80—90 cm hoch sind, 90—120 cm im Durchmesser haben und mit Nadeln der Kiefern bedeckt sind, und von denen radial die Wege der Ameisen auseinandergehen. Diese Wege

¹⁾ Mächtigkeit der Schicht.

Tab. 11. Podsolmoor von Jätasoo (Markus 1926).

Kerngebiet

Reihe der Probeflächen		VIII Moorrand	VII	VI	V	IV	III	II	I zentraler Teil des Moores
Waldvegetation	<i>Pinus silvestris</i> . . .	hoch (17–21 cm)	v e r k ü r z t s i c h						verschwindet
	<i>Vaccinium myrtillus</i> . <i>Polytrichum commune</i> .	III ¹⁾ IV	III IV	III III	III I	II	II	I	
Moorvegetation	<i>Eriophorum vaginatum</i> <i>Oxycoccus palustris</i> . . <i>Andromeda polifolia</i> .					I I I	II I I	III II I	III III II
	<i>Ledum palustre</i> . . . <i>Vaccinium uliginosum</i>		I I	II II	III II	IV II–III	III II–III	II III	I I
	<i>Sphagnum</i>	II	II	IV	IV–V	V	V	V	V
Boden	Obere Schicht	A ₀ + Sphagnum - Nester			A ₀ + Torf	A ₀ -Nester + Torf	T o r f		
	A ₂	weisslichgrau	wird weisser	grau- weiss	wird dunkler				Spuren
	B	braun	schwarzbraun			{ dunkel schwarz- braun	{ dunkel dunkelbraun schwarz- braun kaffeeartig zerfällt	{ bräunlich dunkel kaffeeartig	Spuren
	Ortstein		erscheint	fest	fest	Spuren			
Versumpfungsstadien .	Anfangsstadium	Mittelstadium a	Mittelstadium b			Endstadium	Echtes Moor		

¹⁾ Die Ziffern bezeichnen den Bedeckungsgrad.

haben die Form einer 4—10 cm breiten und $\frac{1}{2}$ —2 cm tiefen Rinne, deren Boden mit verstreuten Kiefernadeln bedeckt ist. Jeder solchen Rinne ist Rohhumus unterlagert, während ihre Abhänge aus lebendigen Moosen (*Sphagnum*, *Hypnum Schreberi*) bestehen. Wo die Wege Abschnitte einer lückenlosen Sphagnumdecke durchqueren, da liegen sie ganz im Sphagnumtorf. Da *Sphagnum* schnell wächst, so können die Ameisen zuweilen nur die Spitzen des *Sphagnum* abschneiden. Endlich gibt es Wegteile, die frische Sphagnumflächen durchziehen. Auch sind die Haufen selbst teilweise unter dem *Sphagnum* verborgen.

Solche Waldmoore sind in Estland sehr verbreitet. In ihrer Waldschicht treten die Kiefer, die Fichte und die Birke auf, während in der Feld- und Bodenschicht *Melampyrum pratense*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis idaea*, *Dicranum undulatum* und *Hypnum Schreberi* konstant sind und der Boden sich aus einer Rohhumus-, einer Humus-, einer Podsol-, einer schwarzbraunen und einer gelblichen Schicht zusammensetzt.

Das beschriebene Podsolmoor tritt auf Sandflächen des gemäßigten Klimagebiets auf, wo es schwach geneigte Erdfächen einnimmt, deren Gefälle gegen 1/100 beträgt.

Infolge der geringen Neigung der Erdfäche liegt das Grundwasserniveau im Gebiete eines Podsolmoores im Sommer in einer Tiefe von $\frac{1}{2}$ m und sinkt nur in trockenen Zeiten in eine Tiefe von 1 m (Tamm 1931). Die Podsolmoorböden entwickeln sich somit im Bereich des kapillar von unten aufsteigenden Wassers, sind immer feucht und befinden sich gleichzeitig ausserhalb einer lückenlosen Wasserschicht. Infolge passender hydrologischer Verhältnisse geht im Boden eine intensive Podsolierung vor sich, die Podsoltschicht erreicht oft eine Mächtigkeit von bis $\frac{3}{4}$ m und hat dabei eine intensiv weisse Farbe. Unter ähnlichen Bedingungen bildet sich auch mächtiger und fester Ortstein. Die Podsolmoore mit schwarzbrauner Bodenschicht können nur auf Sanden entstehen.

In der besprochenen Landschaft stellen wir das Zusammenwirken (Sigwart II, 1921, S. 486) dreier Faktoren — des Klimas, des Reliefs und des geologischen Untergrundes — fest, die zusammen die Entstehung des Podsolmoors hervorrufen. Das Relief beeinflusst die Höhe des Grundwasserniveaus und bestimmt mit dem Klima den Charakter der hydrologischen Bedingungen von Podsolmooren. Die letzteren bedingen die Bildung des Ortsteins und der entsprechenden Vegetation. Der Ortstein behindert

die Ausbreitung der Kieferwurzeln; von der Pflanzendecke dagegen hängt die Tätigkeit der Ameisen ab. Das beschriebene Podsolmoor ist, wie oben erwähnt, mit Sanden eng verbunden.

Infolge des Zusammenwirkens der geographischen Faktoren entstehen in Landschaften Ketten von Ursachen und Wirkungen (Sigwart II, 1921, S. 511) (Tab. 12): die Tiere hän-

Tab. 12. Kausalreihen.

Landschaft	Kette der Ursachen und Wirkungen			
	1	2	3	4
Fennoskandien	Unregelmäßige Steigung der Erdoberfläche	Vordringen des Puulasees in seine südöstliche Umgebung	Versumpfung der Wälder	Absterben der Bäume
Lobwüste	Stromverlegung in der Wüste	Austrocknung der Seen, in die früher ein Fluss mündete	Fortzug der Menschen aus Siedlungen, die früher an den Ufern der Seen lagen	Verwandlung der Siedlungen in Ruinen

gen von der Pflanzendecke, die Pflanzendecke von dem geologischen Untergrunde ab (Crawford 1932, S. 258).

Nicht nur die Sphagnumdecke beeinflusst die Tätigkeit der Ameisen, sondern die Tiere verändern andererseits die Pflanzendecke, indem sie hier ihre Wege errichten usw. Zwischen den eine Landschaft bestimmenden Faktoren besteht so eine Wechselwirkung (Volz 1932, S. 26) (Tab. 13).

Wenn nun eine Landschaft als Produkt des Zusammenwirkens der geographischen Faktoren erscheint, so besteht das Ziel der chorologischen Auffassung in der Erkenntnis des Charakters der Landschaften aus dem Verständnis des Zusammenseins und Zusammenwirkens (Tab. 14) der verschiedenen Naturreiche und ihrer verschiedenen Erscheinungsformen (Hettner 1927, S. 130).

Auf der Halbinsel Kola, im Grenzgebiet des Waldes und der Tundra, in der Nähe der Eisenbahnstation Lappland, auf dem Abhange eines Sandhügels, in einer muldenförmigen Vertiefung, deren Achse stark nach Norden geneigt ist, liegt ein Waldmoor, in dem eine bis $1\frac{1}{4}$ m hohe Birke *Betula nana* reichlich auftritt und vereinzelte *Betula pubescens* vorkommen (Markus 1922). Die

Tab. 13. Wechselwirkungen in einer Landschaft.

Landschaften	Bedingungen	Folgeerscheinungen
Erlenbruchwaldmoor: Selgus, Lauge	Hydrologische Bedingungen: bei Regen sammelt sich in einer geneigten Erlenbruchmulde viel Wasser	Pflanzendecke: Erscheinen eines Schwarzerlenwaldes
	Pflanzendecke: Schwarzerlenwald	Hydrologische Bedingungen: tiefes Grundwasserniveau in wasserarmer Zeit
Steppen: Ukraine	Pedologische Bedingungen: Schwarzerde	Tätigkeit des Menschen: Anbau von Weizen
	Tätigkeit des Menschen: Beackerung des Bodens	Boden: Verwandlung der oberen Schicht der normalen Schwarzerde in eine Kulturschicht

Feld- und Bodenschicht bilden *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis idaea*, *Polytrichum commune*, *Cornus suecica*, *Hypnum Schreberi*, *Rubus chamaemorus*, *Sphagnum* u. a. Aus der Moosdecke ragen verstreute Fichtenstubben hervor, die bis 20 cm im Durchmesser haben. Den Boden bilden eine Torf- (12 cm), eine Humus- (7 cm), eine deutliche grauweiße Podsol- (12 cm), eine schwarzbraune (75—85 cm) und eine gelblichbraune (5 cm) Schicht. Die schwarzbraune Schicht besteht aus einem ausserordentlich mächtigen (bis 85 cm) und festen Ortstein.

Die Zusammensetzung des Bodens und der Pflanzendecke (*Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis idaea*, *Hypnum Schreberi*, *Polytrichum commune*, Fichte u. a.) des beschriebenen Waldmoores von Lappland zeigt, dass es zu derselben Landschaft gehört, wie auch das Waldmoor von Jätasoo, d. h. dass es ein Podsolmoor mit schwarzbrauner Bodenschicht ist.

Durch Vergleichung der Kolaer Podsolmoore mit denjenigen Estlands ermitteln wir, dass man in einer Landschaft eine bestimmte Kombination der Grundbedingungen findet, die für das Entstehen dieser Landschaft massgebend sind; wenn wir eine Grundbedingung verändern und dabei dieselbe Landschaft hervorbringen wollen, so müssen wir auch andere Grundbedingungen in entsprechender Weise verändern (Tab. 15 u. 16).

Sandgebiete sind sowohl den Kolaer als auch den estländischen Podsolmooren eigen. Doch sind die klimatischen Bedin-

Tab. 14. Zusammenwirken der Faktoren¹⁾.

Faktoren	Wirkungen			Länder		
	Wirkungen einzelner Faktoren	Resultate des Wirkens	Charakter der Wirkung			
derselben Richtung	1. Warme Meeresströmung	bringt viel Regen	Grosse Niederschlagsmenge	Verstärkung der Wirkung	Regenreiche Küstenländer: Gebiete des Zusammentreffens warmer Meeresströmungen bzw. relativ warmer Meeresregionen mit dem Küstengebirge	
	2. Hohes Gebirge	zieht Niederschläge an				
	Aleutenstrom Kordilleren		Port Simpson 263 cm			Westkanada
	Golfstrom Skandinavisches Gebirge		Bergen 196 cm			Norwegen
	Gebiet positiver Temperaturanomalien des Oberflächenwassers auf dem Südatlantik Anden		Evanjelistas 288 cm			Südcile
Gebiet positiver Temperaturanomalien im Bengalischen Meerbusen Khasigebirge		Tscherrapundschi bis 2300 cm	Assam			
entgegengesetzter Richtung	1. Kalte Meeresströmung	bringt wenig Regen	Geringe Niederschlagsmenge	Abnahme der Stärke der Wirkung	Regenarme Küstenländer: Berührungsgebiete der Küsten mit kalten Meeresströmungen	
	2. Hohes Gebirge	zieht Niederschläge an				
	Kalifornischer Strom Kordilleren		San Diego 26 cm			Kalifornien
	Peru- strom Anden		Lima 5 cm			Peru
	Benguelastrom Damaraland		Westküste v. Südafrika 25 cm			Namib

gungen im Grenzgebiete des Waldes und der Tundra ganz andere als im verhältnismässig warmen Estland. Deswegen beherbergen

¹⁾ Nach Krümmel (1907), Hann (1910 u. 1911), Schokalski (1917), Schott (1926), Meinardus (1934) u. a.

Tab. 15. Kombinationen der Grundfaktoren:
eine Landschaft kann durch viele äquivalente Kombinationen der
Grundfaktoren erzeugt werden.

Lage der Landschaft	Halbinsel Kola	Estland	Abhänge der Ürstromtäler in Estland
Grundfaktoren	1. Sand	1. Sand	1. Sand
	2. Kaltes Klima: geringe Verdunstung	2. Gemässigttes Klima: bedeutende Verdunstung	3. Gemässigttes Klima: bedeutende Verdunstung
	3. Stark geneigte Erdfläche	3. Schwach geneigte Erdfläche	3. Stark geneigte Erdfläche
			4. Grundwasserzufluss aus einem benachbarten Moore
Erfüllte Forderung	Gleichartigkeit der Feuchtigkeitsverhältnisse in allen Podsolmooren		
Folgerscheinungen	Podsolmoorböden: Humusschicht Podsolschicht schwarzbraune Schicht mit Ortstein		

die Podsolmoore in Estland in Grenzgebieten der Moore schwach geneigte Erdflächen, während sie auf der Halbinsel Kola hoch auf die ziemlich stark geneigten Abhänge der Hügel steigen.

Für jede Kombination der Grundbedingungen ist der Erfolg charakteristisch, den sie hervorbringen (Tab. 14). Für die Entstehung der Podsolmoorböden sind bestimmte Feuchtigkeitsverhältnisse massgebend: in den estländischen Podsolmooren liegt das Grundwasserniveau im Sommer in der Nähe der unteren Grenzfläche des Bodens, weshalb die Podsolmoorböden sich unter dem Einflusse des kapillar von unten aufsteigenden Wassers entwickeln, d. h. Gebiete einnehmen, die gut durchfeuchtet sind. Entsprechende hydrologische Bedingungen können an solchen Erdstellen auftreten, wo das Grundwasserniveau tief liegt, während das Klima kalt und die Verdunstung gering ist.

Das geringe Gefälle der Erdoberfläche und das gemässigte Klima der estländischen Podsolmoore sind in den Kolaer Podsolmoor-

Tab. 16. Kombinationen der Grundfaktoren:
die Veränderung eines Grundfaktors bedingt die Veränderung des
ganzen Naturkomplexes.

Naturkomplexe		Kurisches Haff	Karabugas
Grundbedingungen	gemeinsame	Flache Einsenkung	
		Verbindung des Haffs mit einem grossen Wasserbecken:	
		Ostsee	Kaspi
	verschiedene	Warm-gemässigt Regenklima	Wüstenklima
Folgeerscheinungen		Süsses Wasser	Salziges Wasser
		Geringe Verdunstung	Starke Verdunstung
		Bewegungsrichtung des Wassers:	
		vom Haff zum Meere	aus dem See zum Haff
		Ablagerung der Salze	

ren durch das kalte Klima und ein grösseres Gefälle ersetzt, während die lithologischen Bedingungen in beiden Fällen dieselben sind.

Die Ersetzbarkeit der Faktoren wird durch vergleichende Beobachtungen und experimentelle Untersuchungen besonders eingehend in der Pflanzengeographie studiert. Das tropische Klima z. B. ersetzen wir durch Heizung in unseren Warmhäusern (Rübel 1930, S. 42—45) und durch das häufige Begiessen. In den trockenen Gebieten werden tropische und subtropische Gewächse mit grossen Feuchtigkeitsansprüchen gezogen, indem man Bewässerungsanlagen errichtet. Es werden ferner Niederschläge durch Nebel, Trockenheit durch Wind, Trockenheit des Klimas durch Sand usw. ersetzt.

3. Anpassung der Landschaft an ihre Grundbedingungen.

Die Kameslandschaft von Selgus (Abb. 15 a u. 19) — ein aus dem fluvioglazialen Material zusammengesetztes hügeliges Gelände — wird gewöhnlich von einem hügeligen Nadelwalde eingenommen, der durch neun konstante Pflanzenarten (Tab. 17): *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*, *Betula verrucosa*, *Calamagrostis arundinacea*, *Melampyrum pratense*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium*

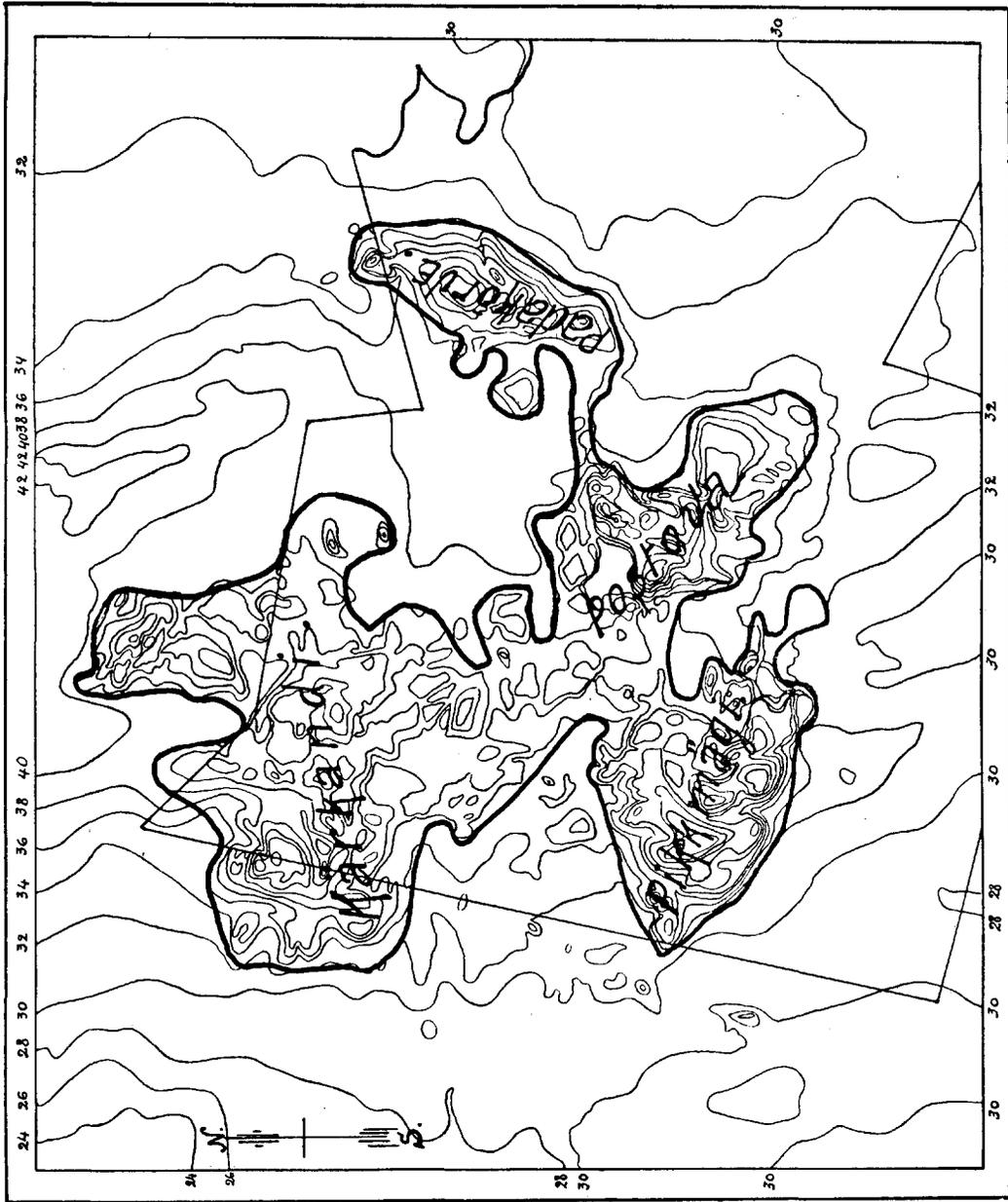


Abb. 19. Kameslandschaft von Selgus (Markus 1929).

24, 26, 28 etc. — Isohypsen (24 etc. Sashen über dem Meeresniveau). Dicke, ununterbrochene Linie — Grenze der Kameslandschaft. Dünne, ununterbrochene Linie — Grenze der Alatskivischen Forstei (s. Abb. 20).

Tab. 17. Hügelige Nadelwälder der Kamesland-
schaften*).

		Vor 100—150 Jahren mit Wald bedecktes Acker- land 1)	Vor 200—300 Jahren mit Wald bedecktes Acker- land 2)	Normaler Nadel- wald der Kames- landschaft 3)
V e g e t a t i o n	Waldschicht:			
	<i>Betula verrucosa</i> **)	I ₁	III ₁	V ₁
	<i>Picea excelsa</i>	V ₃ ***)	V ₂	V ₂
	<i>Pinus silvestris</i>	V ₃ ***)	V ₃	V ₂
	Feldschicht:			
	<i>Calamagrostis arundina- cea</i>	V ₁	V ₁	V ₁
	<i>Vaccinium myrtillus</i> . . .	IV ₁	IV ₁	V ₃
	<i>V. vitis idaea</i>	III ₁	III ₁	V ₁
	<i>Rubus saxatilis</i>	V ₁	V ₁	II ₁
	Bodenschicht:			
<i>Hylocomium proliferum</i> .	V ₁	V ₁	V ₁	
<i>Hypnum Schreberi</i>	V ₂	V ₃	V ₅	
<i>Oxalis acetosella</i>	V ₄	V ₃	I ₁	
Boden	H u m u s s c h i c h t			
	P o d s o l s c h i c h t			
	D u n k l e S e h i c h t			
	R o s t b r a u n e S c h i c h t			

vitis idaea, *Hylocomium proliferum*, *Hypnum Schreberi* und einen aus einer Rohhumus-, einer Humus-, einer Podsol- und einer rostbraunen Schicht bestehenden podsolierten Sandboden charakterisiert wird (Markus 1929). Solche Nadelwälder sind in Estland sehr verbreitet, wachsen auf hügeligen Sandflächen, wo das Grundwasser tief liegt, und dürfen als normale Glieder der Kameslandschaften betrachtet werden (Markus 1930 a) (Abb. 19 u. 20).

Neben solchen hügeligen Nadelwäldern kommt auf Kameslandschaften ein hügeliger Nadelwald mit dunkler Bodenschicht vor. In diesem Walde wächst neben der stattlichen Kiefer und Fichte auch die Birke, während für die Feld- und Bo-

*) In der Tabelle sind nur diejenigen Pflanzenarten aufgezählt, die wenigstens in einem Fall den Konstanzgrad V aufweisen.

**) I, II, III — Konstanzgrade, 1, 2, 3 — Bedeckungsgrade.

***) Die Kiefer und die Fichte wurden vom Menschen gesät.

1) *Rubus saxatilis*-*Oxalis acetosella*-Wald.

2) *Calamagrostis arundinacea*-*Rubus saxatilis*-Wald.

3) *Calamagrostis arundinacea*-Wald (Markus 1929, S. 24—37).

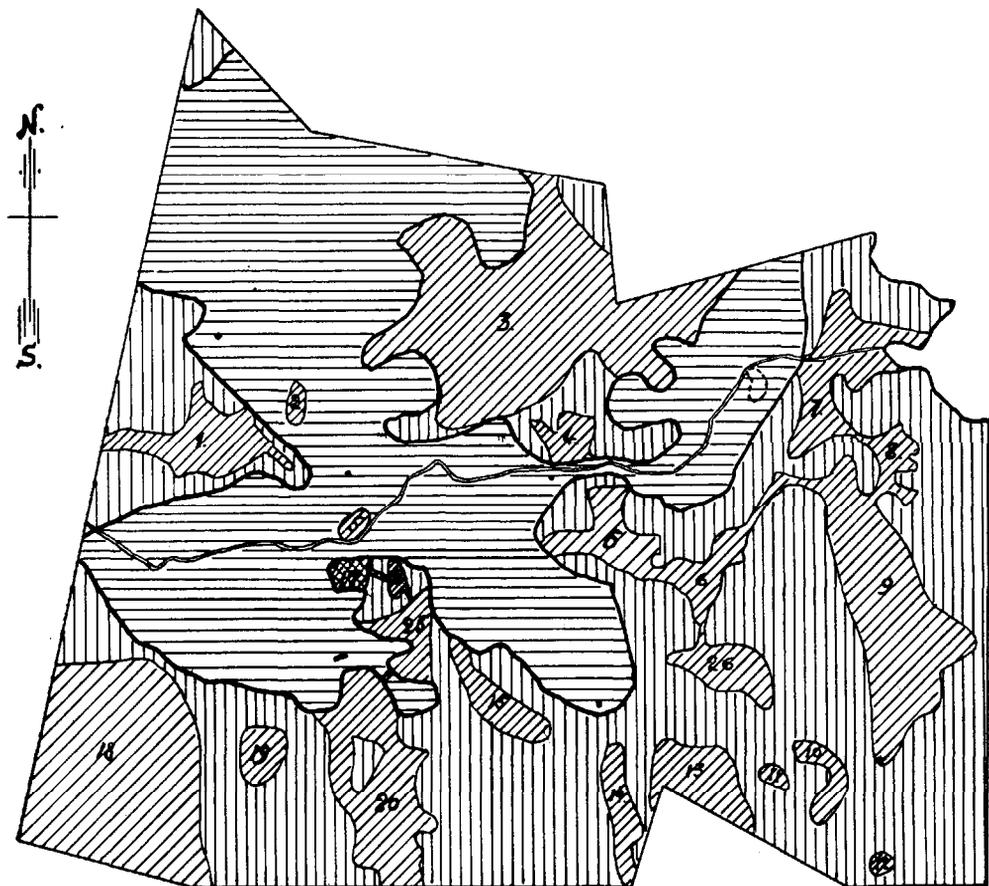


Abb. 20. Alatskivische Forstei (Markus 1929).

Horizontal gestrichelt — hügelige Nadelwälder der Kameslandschaften. Vertikal gestrichelt — flache Wälder in der Umgebung der Kameslandschaft. Schräg gestrichelt (1—16, 18—26) — Waldmoore (9 — Moorisoo). 17 — echtes Moor.

Masstab: 1:50000.

denschicht *Rubus saxatilis* und *Oxalis acetosella* besonders charakteristisch sind. Der podsoliierte Sandboden enthält zwischen der grauweißen und der rostbraunen Schicht dunklen Sand. In solchem Walde werden Häuserreste und Haufen von Menschen gesammelter erratischer Blöcke gefunden. Besonders interessant für diesen Wald sind stufenähnliche Bodenformen, die auf den geneigten Abhängen der Hügel liegen, oft gruppenweise auftreten und untereinander parallel verlaufende Linien bilden. Aus der Analyse

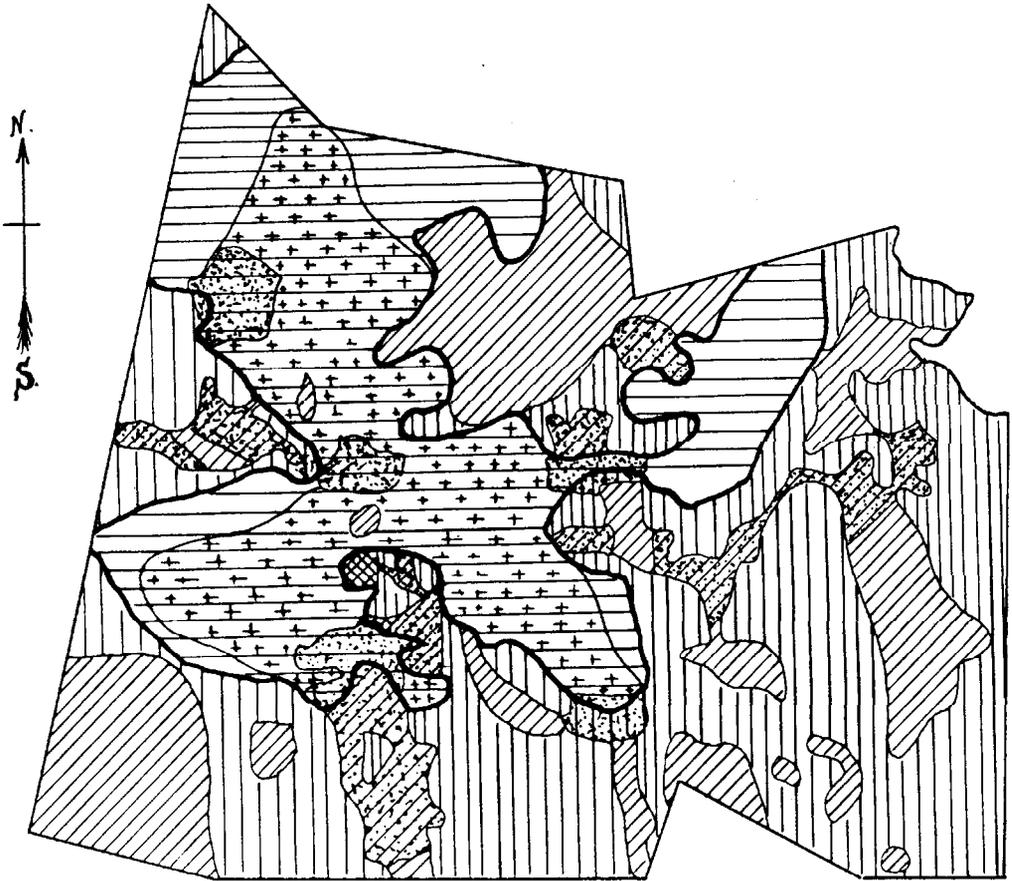


Abb. 21. Gegenwärtige und frühere Verbreitung des Ackerlandes in Selgus. (Markus 1929) (s. Abb. 19 u. 20).

Kreuzchen — früheres Ackerland (heute hügelige Nadelwälder mit dunkler Bodenschicht). Punktiert — gegenwärtiges Ackerland (im Gebiete der Kameslandschaft) und gegenwärtige Wiesen (im Gebiete der Waldmoore). Massstab : 1 : 50 000.

der Nadelwälder mit dunkler Bodenschicht ergibt sich, dass diese Wälder früheres Ackerland einnehmen (Abb. 21), und dass die Schicht dunklen Sandes der Überrest einer früheren Kulturschicht des Bodens ist (Markus 1929, S. 134). Die Beobachtungen zeigen folgendes.

In Selgus, in der Umgebung der Fundamentreste eines hier vor 20 Jahren vorhanden gewesenem Waldhüterhauses, befindet sich ein 20-jähriger Nadelwald, und der Boden enthält noch eine Kultur-

schicht, die durch verstreute Podsolkörnchen in zwei Teile — eine Humusschicht und eine dunkle Sandschicht — geteilt ist. An Stelle eines früheren Bauernhofes wächst ein 40-jähriger Nadelwald, und die Menge der Podsolkörnchen ist grösser als in dem eben erwähnten jüngeren Walde. Gross ist die Anzahl der Waldabschnitte, wo 100—120-jährige schlanke Kiefern und Fichten wachsen und der Boden eine 10—20 cm mächtige dunkle Schicht enthält, und wo die Podsol- und die dunkle Schicht des Bodens aus grauweissen, $1\frac{1}{2}$ —2 cm im Durchmesser betragenden Podsolflecken besteht. Ferner beobachten wir Wälder, wo die Podsol- und die dunkle Schicht lückenlos und schon 6—9 cm mächtig ist, während die dunkle Schicht eine braune Farbe erhalten hat. Der Boden soll hier 200—300 Jahre alt sein. Endlich finden wir Wälder, die zwischen der lückenlosen Podsol- und der rostbraunen Schicht letzte Spuren der dunklen Schicht enthalten. Die Vegetation solcher Wälder entspricht fast vollkommen der Vegetation normaler Nadelwälder der Kameslandschaften.

Der hügelige Nadelwald mit dunkler Bodenschicht kommt heute unter denselben Grundbedingungen vor wie ein normaler Nadelwald der Kameslandschaften, dessen Charakter seinen Grundbedingungen — gemässigttes Klima, Sand, hügeliges Gelände mit tiefem Grundwasserniveau — vollkommen entspricht. Im Nadelwalde mit dunkler Bodenschicht dagegen wird ein Glied beobachtet, das unter ganz anderen Bedingungen — infolge der Beackerungstätigkeit des Menschen — entstanden ist. Mit dem Fortfall dieses Faktors muss auch die Landschaft sich ändern (Volz 1932, S. 26): im Nadelwald geht eine Anpassung an die heute in ihm vorhandenen Grundbedingungen vor sich — aus der Landschaft verschwindet allmählich die dunkle Schicht, und die Landschaft verwandelt sich in einen normalen hügeligen Nadelwald der Kameslandschaften; nach dem Verlassen des Ackerlandes wurde das Gebiet mit Fichte und Kiefer besät, und fruchtbarer Boden wurde von *Rubus saxatilis* und *Oxalis acetosella* eingenommen; bei der Anpassung des Bodens an die natürlichen Bedingungen dringt in den Wald die Birke ein, und *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis idaea*, *Hypnum Schreberi* nehmen an Konstanz- und Bedeckungsgrad zu.

Das Vorhandensein einer Landschaft ist durch bestimmte Grundbedingungen festgelegt. Ihnen passt sich alles Bedingte an: in trockenen Wüsten verwandelt sich festes Gestein in Sand, und

der Trockenheit passt sich die Pflanzendecke an. Solche Anpassungen sind kausal bedingt: die Verwitterung der Gesteine in Wüsten wird durch die Trockenheit des Klimas sowie durch Schwankungen der Lufttemperatur hervorrufen.

Die Anpassungserscheinungen untersucht man mit Erfolg in der Pflanzen- und Tiergeographie, die das Leben der Organismen in ihren Beziehungen zum Klima, Relief usw. behandeln (Schroeter 1926, S. 1004 u. a.). Besonders genau erforscht man die Anpassung des Verwitterungsvorganges an die Klimatelemente (Tab. 6 u. 7), d. h. die Bildung von Grauerden unter den Bedingungen eines Wüstenklimas, die Podsolierung der Böden des Waldgürtels Nordeuropas usw. (Gedroiz 1925, Neustrujew 1926, Blanck 1930).

Die Anpassung der Landschaft an ihre Grundbedingungen stellt einen der interessantesten geographischen Vorgänge dar und ihre Untersuchung gehört deshalb zu den wichtigsten Aufgaben der geographischen Wissenschaft.

4. Harmonie und Rhythmus in der Landschaft.

Den Begriff des harmonischen Landschaftsbildes hat Gradmann (Gradmann 1924) in die geographische Literatur eingeführt. Er zeigt, dass dieser Gedanke sich schon bei Humboldt und Ritter findet, und tut weiter dar, dass nicht der „seelische Gesamteindruck der Landschaft“ es ist, der uns das harmonische Bild einer Landschaft wirklich erfassen lässt. Diese Harmonie erschliesst sich vielmehr erst dann, wenn die unerlässliche Frage nach den Ursachen der Erscheinungen die Brücke schlägt von einer Erscheinungsreihe zu einer anderen. Wir finden z. B. die Harmonie in einer ununterbrochenen Kette von Ursache und Wirkung, die sich vom Boden über das Klima zur Pflanzendecke zieht und von da weiter zur Tierwelt, und in einer anderen Abzweigung zur Besiedlung, zur Wirtschaft, zum Verkehr, zur Staatenbildung, zur Geisteskultur und zur Geschichte der Völker übergeht. Durch Wirkungen und Wechselwirkungen sind verschiedene Erscheinungen untereinander wenigstens unmittelbar verknüpft, wodurch in uns die Vorstellung eines untrennbaren Ganzen, eines Organismus entsteht, dessen sämtliche Glieder ihre bestimmte Funktion im Dienste des Gesamtkörpers erfüllen.

Wenn ein Faktor, z. B. das Klima in ariden Gebieten, gleichzeitig eine grosse Zahl verschiedenster Erscheinungsreihen be-

herrscht, dann sind die verschiedenen Reihen alle gleichsam auf einen Ton gestimmt (Gradmann 1924, S. 133), und die Harmonie entsteht durch die Übereinstimmung, die zwischen den Erscheinungen konstatiert wird. Besonders harmonisch erscheinen uns deshalb jene Landschaften, wo ein extrem ausgebildeter Faktor alle Erscheinungsreihen beherrscht. Am vollständigsten aber tritt die Harmonie im Gleichgewichtszustand der Landschaft hervor.

Die Harmonie erscheint als ein zur Stabilität befähigender Ausgleich der Teile eines Ganzen, als Gleichgewicht der Relationen (Francé 1923, S. 257). Volz (Volz 1926, S. 10) versteht unter dem harmonischen Landschaftsbild sogar einen aus dem zusammenwirkenden Wechselspiel aller Faktoren resultierenden Gleichgewichtszustand, oder den Interferenzzustand aller wirksamen Faktoren. Da die Landschaft durch das Zusammenwirken aller in ihr auftretenden Faktoren entstanden ist, so ändert sich mit dem Fortfallen oder Hinzutreten von Faktoren, wie auch durch eine Änderung in der Stärke einzelner Faktoren, auch die Harmonie der Landschaft (Volz 1932, S. 26), und mit der Änderung einzelner Faktoren wird auch das Gleichgewicht zerstört, in der Landschaft werden neue Anpassungen Platz greifen (Krebs 1923, S. 81).

Creuzburg (Creuzburg 1928, S. 424 f.) meint, dass objektiv genommen alle, d. h. auch die nicht angepassten, sich im Aufstiegsstadium befindenden Landschaften harmonisch sind, angepasste dagegen ihr Gleichgewichtsstadium erreicht haben.

Die Wichtigkeit des Begriffes der Harmonie für die Geographie tritt schon darin zutage, dass in neuester Zeit der Landschaftskunde eine Erfassung der Länderräume als harmonischer Einheiten, deren Glieder alle aufeinander abgestimmt sind (Krebs 1923, S. 81), zur Aufgabe gemacht wird.

Aus der Betrachtung der Landschaften geht hervor, dass eine Landschaft oft eine typische Folge typischer Formen zeigt, und dass jede markante Einzelform nur als ein einzelnes logisches Glied einer gesetzmässigen Kette denkbar ist. Volz bezeichnet solche Relationen mit dem Worte Rhythmus (Volz 1926). Im Riesengebirge z. B. verlaufen parallel von Osten nach Westen eine breite und bis $1\frac{1}{2}$ km hohe Kammzone, eine Steilzone und eine Zerkuppungszone. Rhythmisch aufgebaut sind weiter das Isergebirge, das ganze Sudetensystem usw.

Es ist nicht nur ein räumliches Nebeneinander,

sondern auch ein zeitliches Nacheinander fassbar: den Rhythmus finden wir in der zeitlichen Abwandlung der Jahreszeiten, in dem Entwicklungsgang der Landschaft (Markus 1932) usw.

5. Gleichgewichtszustand in der Landschaft.

Wundt fasst Ursache und Wirkung als Veränderungen der Dinge auf (Wundt I, 1919, S. 586) und zeigt, dass durch dauernde Wirkungen und Gegenwirkungen der Dinge zwischen ihnen ein gewisser Gleichgewichtszustand herbeigeführt werden und der Begriff der kausalen Wechselwirkung auf einen ruhenden Zustand der Dinge übertragen werden kann (Wundt I, 1919, S. 586, 591—593).

In der Landschaft geht, wie oben erwähnt, die Anpassung an ihre Grundbedingungen vor sich. Versuchen wir zu erörtern, wie lange diese Anpassung dauern wird, ob eine Landschaft einen solchen Zustand erreichen kann, wo sie ihren Grundbedingungen vollkommen angepasst ist, ob es einen Gleichgewichtszustand der Landschaft gibt, der in der geographischen Literatur so oft behandelt wird, und welche Kennzeichen den Gleichgewichtszustand einer Landschaft charakterisieren.

Granlund (Granlund 1932) zeigt, dass die Höhe der Wölbung von Hochmooren von der Niederschlagsmenge abhängig ist. Für die Entstehung der Hochmoorbildung in Südschweden ist eine Niederschlagsmenge von wenigstens 460 mm erforderlich. Alle Hochmoore unter 500 mm Niederschlagsmenge werden als Waldmoore ausgebildet; dagegen sind nur vereinzelte Moore, deren Niederschlagsmenge 600 mm beträgt, Waldmoore. Bei einer Niederschlagsmenge von mehr als 600 mm fehlen, praktisch genommen, jegliche Waldmoore. Je grösser die Niederschlagsmenge ist, desto höher ist auch die Wölbung des Hochmoores (Tab. 18, Abb. 22).

Einer bestimmter Niederschlagsmenge entspricht eine maximale Höhe der Wölbung, die das Hochmoor nicht übersteigen kann. Man sagt, dass das Hochmoor in solchem Falle seine Grenzoberfläche erreicht hat. In Gebieten mit extrem maritimem Klima, wie in Irland, wo die Niederschläge sich auf das ganze Jahr gleichmässig verteilen und die Luftfeuchtigkeit und Nebelbildung besonders gross sind, können die Hochmoore beinahe schrankenlos in die Höhe wachsen und erhalten

Tab. 18. Grenzoberfläche des Hochmoores:
Verhältnis zwischen Niederschlagsmenge und Hochmoorwölbung
in Småland

(nach Granlund 1932, Diagramme 14–30).

Jährliche Niederschlagsmenge in mm	Maximale Höhe der Aufwölbung des Moores in m (in einer Entfernung von 800 m vom Rande des Moores)
500—550	1,6
550—600	2,1
600—700	2,7
700—800	2,9
800—900	3,5
900—1000	4,3

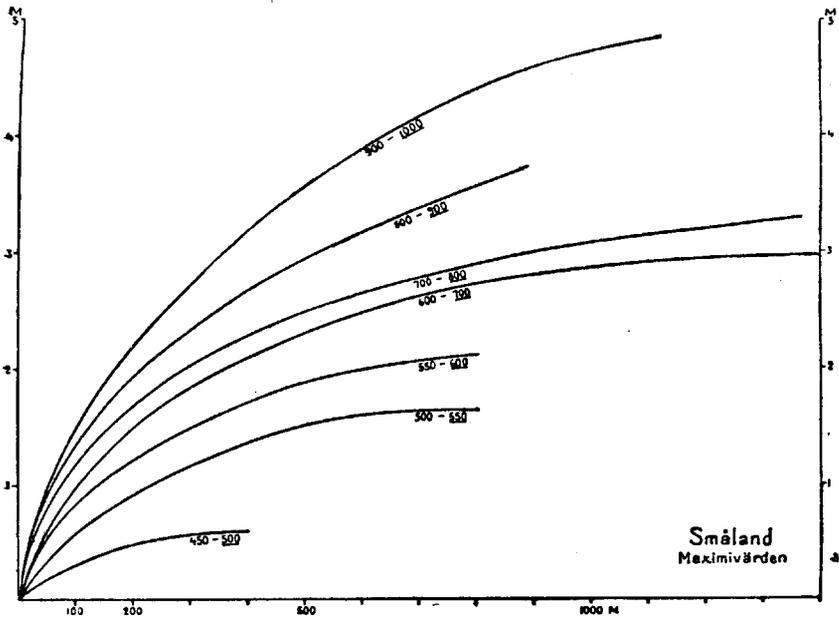


Abb. 22. Verhältnis zwischen Niederschlagsmenge und Hochmoorwölbung (Granlund 1932).

X-Achse — Längsschnitt des Moores.

Y-Achse — Höhe der Wölbung.

Dicke, ununterbrochene Linie — berechnete Maximalwölbung bei betreffender Niederschlagsmenge (in mm).

dabei einen unnatürlich steilen Rand, wobei der Seitendruck grösser ist als die Oberflächenspannung und hier deshalb Moorausbrüche stattfinden. In Schweden dagegen haben die Hochmoore

ziemlich allgemein ihre Grenzoberfläche ganz oder doch beinahe erreicht und bilden sogenannte *Stagnationskomplexe*, die das normale Ende der Höhenzunahme des Hochmoors bedeuten.

Den Stagnationskomplex hat Osvald (Osvald 1923) unter dem Namen *Stillstandskomplex* beschrieben. Er wird hauptsächlich aus Assoziationen mit keiner oder nur einer unbedeutenden Torfbildung aufgebaut, indem in ihm die Heidegesellschaften (*Calluna — Cladonia — Ass*, *Calluna — Sphagnum magellanicum — Ass* u. a.) einen hervorragenden Platz einnehmen. Der Komplex tritt fast ausschliesslich auf mehr oder weniger ebenen Gebieten und dabei auf höheren Teilen des Hochmoores auf, wo er seine typischste Ausbildungsform zeigt. Osvald sagt, dass dieser Komplex für ausgedehnte Gebiete lange Zeit hindurch ein gewisses *Endstadium* bilden dürfte.

Um die Wesenszüge eines sich im Gleichgewichtszustande befindenden Objektes zu ermitteln, weisen wir auf das Sonnensystem hin, dessen Gleichgewicht am besten bekannt ist. Im Sonnensystem finden wir einerseits *konstante* Elemente. Das sind die Entfernungen der Planeten von der Sonne, ihre Umlaufzeiten, die Form ihrer Wege u. a. Andererseits stellen wir im Sonnensystem *rhythmisch* sich verändernde Erscheinungen fest: Wiederkehrerscheinungen bei der Rotation der Planeten um die Sonne usw. Alle anderen Erscheinungen finden im Rahmen dieser konstanten und rhythmisch sich verändernden Erscheinungen statt.

Der Stagnationskomplex der schwedischen Hochmoore weist ebenso bestimmte konstante und rhythmisch sich verändernde Eigenschaften auf. Er besitzt einerseits eine Grenzoberfläche, die sich nicht mehr verändert, indem sie das Ende der Höhenzunahme des Moores bedeutet und den Grundbedingungen des Hochmoors vollkommen angepasst ist. Andererseits bedeckt sich das Hochmoor jedes Jahr im Winter mit einer Schneedecke, während im Sommer auf ihm Pflanzen wachsen, usw.

6. Erweiterung des Begriffs der Landschaft.

Im nördlichen Teil des Atlantischen Ozeans zwischen Island und Westeuropa befindet sich ein relativ warmes und niederschlagsreiches Gebiet des gemässigten Meeres, das ich als *Westeuropäisches Meer* bezeichnet habe (Markus 1934) (Tab. 5 u. 19, Abb. 8 u. 17).

Tab. 19. Westeuropäisches Meer.

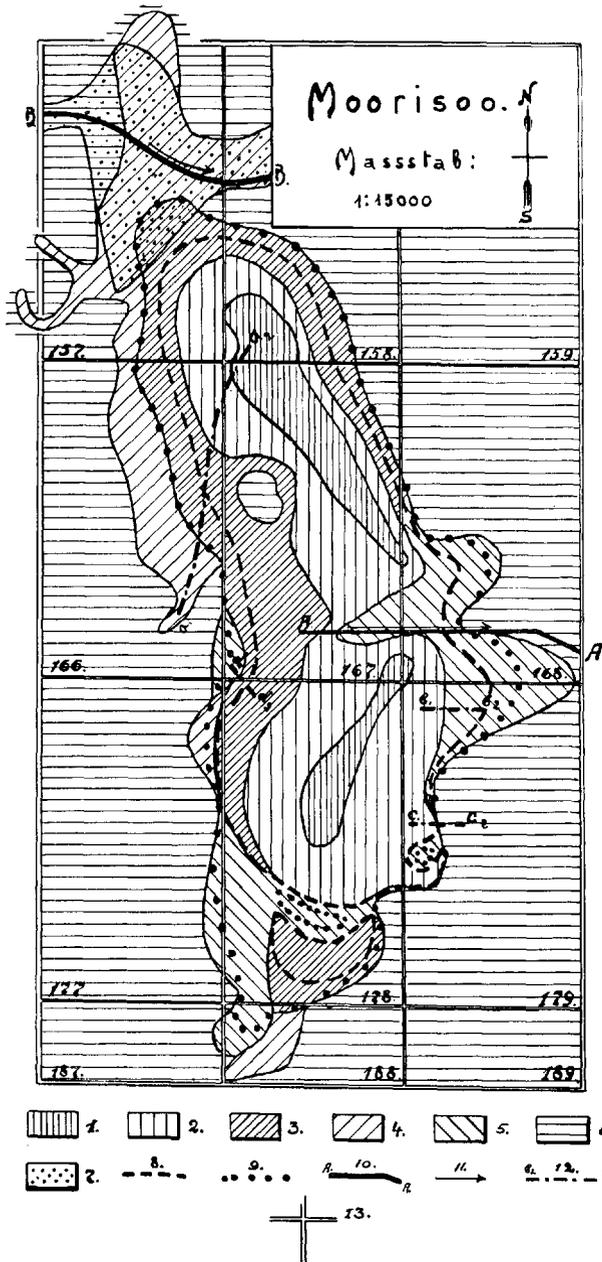
		Bedingungen	Folgeerscheinungen
Grundbedingungen des Auftretens des Westeuropäischen Meeres		Geographische Breite	Gemässigte Meeresregion
		Eindringen warmen Wassers aus dem tropischen Meere in die gemässigte Zone	Relativ warme Meeresregion
Homogenität der Meeresregion		Gebiet relativ warmen Wassers der Westwindzone	Homogenes Gebiet positiver Temperaturanomalien Niederschlagsreiches Gebiet Vertiefungsgebiet barometrischer Minima
Deutlich abgrenzbares Gebiet	NW - Grenzlinie	Zusammentreffen kalten Polarwassers und warmen Wassers der Westwindzone	Ozeanische Polarfront: Scharung der Wasserisothermen, Isohalinen, Isohyeten usw.
	S - Grenzlinie	Zusammentreffen d. Wassers der Westwindzone mit dem der Äquatorialströmungen	Subtropische Konvergenzlinie
		Berührung des relativ kalten Nordwestafrikanischen Meeres mit dem warmen Westeuropäischen Meere	Kanarische Regelinie

Das Westeuropäische Meer erscheint als eine deutlich abgrenzbare geographische Einheit, indem seine nordwestliche Grenze von der ozeanischen Polarfront gebildet wird, während seine südliche Grenze mit der subtropischen Konvergenzlinie zusammenfällt. Die Polarfront (Defant 1928) (Tab. 8) bildet die Grenze zwischen arktischem und atlantischem Wasser, während hier das Polarwasser dicht an die Westwindtrift herankommt. Der Polarfront entlang verläuft die Zone einer starken Scharung der Isothermen und Isohalinen. Wenn man z. B. sich von Südosten in nordwestlicher Richtung der grönländischen Küste nähert, so kommt man aus einem ausgedehnten Gebiet relativ hoher gleichmässiger Temperaturen von 12° bis 13° allmählich in kältere Gebiete, worin die Temperatur auf einer Strecke von 20 bis 30 Seemeilen rasch von 10° auf 5° sinkt (Böhnecke 1930, S. 325 und 326). Diese Zone der grossen Temperatur- und Salzgehaltsgradienten bildet das Mischgebiet zwischen kaltem salzarmem und warmem salzreichem Wasser.

Ausser den Isothermen und Isohalinen des Oberflächenwassers häufen sich an der Polarfront die Wasserisothermen aller Monate, die Isothermen von 400 und 1000 m Tiefe, die Januarisothermen der Luft, die Isohyeten, ferner die Isolinien, die die Temperaturanomalien des Oberflächenwassers darstellen, usw. (Schott 1926, Tafeln). Die Polarfront stellt so nicht nur eine wichtige ozeanographische, sondern auch eine deutliche klimatische Grenzlinie dar und erscheint als eine Grenzlinie höherer Ordnung — eine der markantesten landschaftlichen Grenzlinien auf der Erdoberfläche. Die Polarfront ist im Norden nur schwach ausgebildet, weshalb hier die Regenlinie der Bären-Inseln als nördliche Grenze des Westeuropäischen Meeres betrachtet werden kann. Im Nordatlantischen Ozean zieht sich etwa auf dem 30. Breitengrade fast über die ganze Ozeanbreite eine subtropische Konvergenzlinie, an welcher die Wassermassen der Westwindzone mit denen der Äquatorialströmungen zusammentreffen und vertikal abwärts gerichtete Bewegungskomponenten auftreten. Diese Konvergenzlinie trennt das Westeuropäische Meer von dem tropischen Meere.

Für das Westeuropäische Meer ist eine Homogenität charakteristisch: die ganze Meeresregion nehmen die Wassermassen der Westwindzone ein; dies ist das Gebiet warmer Meeresströmungen, positiver Temperaturanomalien, einer grosser Niederschlagsmenge usw.

Im Westeuropäischen Meer werden Erscheinungen festgestellt, die kausal miteinander verknüpft sind. Mächtige Meeresströmungen transportieren aus dem tropischen Meere grosse Mengen warmen Wassers in das Westeuropäische Meer, weshalb dieses Meer abnorm erwärmt ist: zwischen Westeuropa und Island befindet sich die einzige Stelle des Weltmeeres, wo die Temperaturanomalien des Oberflächenwassers $+5^{\circ}$ erreichen (Schott 1926, Tafel 12). Die Temperaturanomalien der Luft steigen sogar bis $+15^{\circ}$ im Jahresdurchschnitt oder bis $+20^{\circ}$ im Januar. Die positiven Temperaturanomalien des Oberflächenwassers verursachen die grosse Niederschlagsmenge des Gebietes. Ebenso bedingt der Wärmeüberschuss des Meeres hier die Entstehung eines wichtigen Vertiefungsgebietes der barometrischen Minima (Markus 1934). Sogar die Grenzen des Westeuropäischen Meeres sind kausal bedingt: die Polarfront entsteht z. B. infolge der Wechselwirkung von zwei Faktoren entgegengesetzter Richtung



1. Junges Moor mit Bulten.
 2. Junges Moor.
 3. Niederes oder Birkenbruchwaldmoor.
 4. Höheres oder Erlenbruchwaldmoor.
 5. Podsolmoor.
 6. Flacher Wald.
 7. Wiesen.
 8. Obere Grenze des 2. Versumpfungsstadiums.
 9. Obere Grenze des 1. Versumpfungsstadiums.
 10. Graben, Bach.
 11. Richtung des Wassers.
 12. Profile.
 13. Durchhaue.
- 157, 158 — Quartale.

Abb. 23. Karte des Moorisoo (Markus 1929).

(Markus 1935 a, S. 148) — des kalten Polarwassers und des warmen Wassers der Westwindtrift.

So erscheint das Westeuropäische Meer als ein homogenes geographisches Ganzes, das deutlich abgegrenzt ist und sich aus kausal miteinander verbundenen Erscheinungen zusammensetzt.

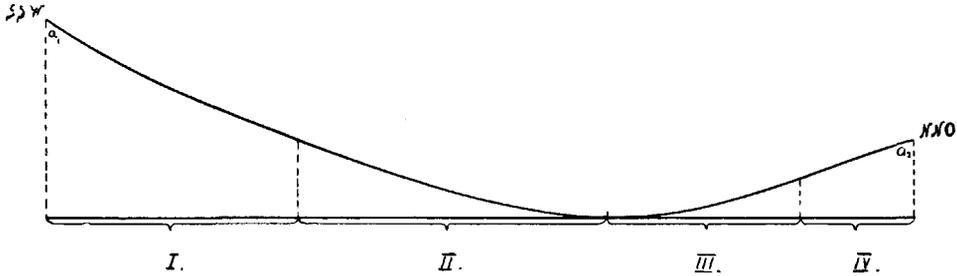


Abb. 24. Profile des Moorisoos (Markus 1929).

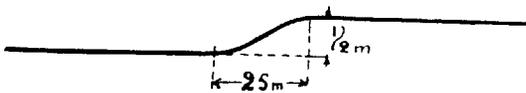
Massstab: a) vertikaler: 1:50; b) horizontaler: 1:5000.

I — höheres Bruchwaldmoor.

II — niederes Bruchwaldmoor.

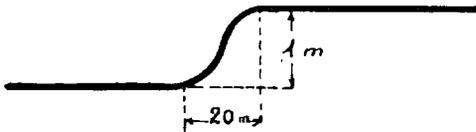
III — junges Moor.

IV — junges Moor mit Bulten (Abb. 23, a₁ a₂).



Massstab: a) vertikaler: 1:100; b) horizontaler: 1:2000

(Abb. 23, b₁ b₂).



Massstab: a) vertikaler: 1:100; b) horizontaler: 1:2000

(Abb. 23, c₁ c₂).

In Selgus (Markus 1929, S. 81—86) kommt ein junges Moor vor (Tab. 20, Abb. 23 u. 24), das flache, schüsselförmige Einsenkungen einnimmt, denen Moränenlehm unterlagert ist. In diesen Einsenkungen sammelt sich Wasser, weshalb hier Torfmoorboden entsteht, der aus einer bis 100 cm mächtigen Torf- und einer Gleyschicht besteht. Der Boden ist mit einer lückenlosen Sphagnumdecke (*Sphagnum recurvum*) bedeckt, wobei ausser

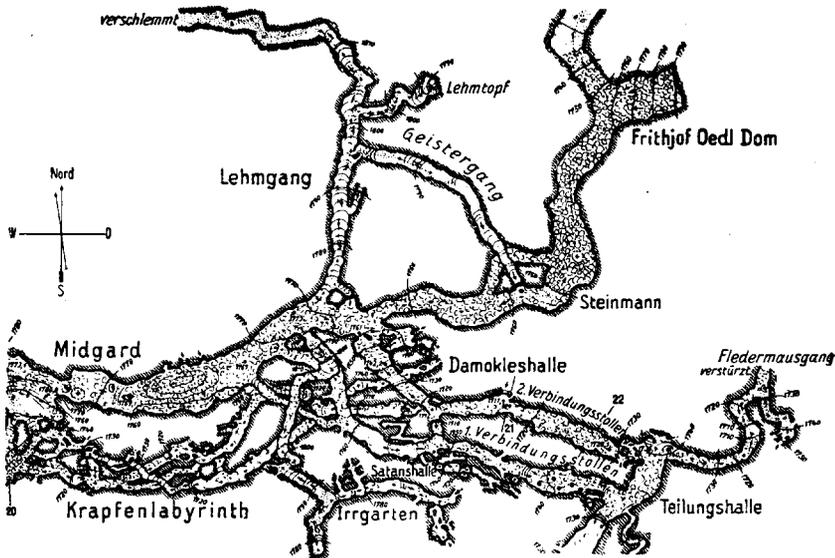
Tab. 20. Junges Moor
(Markus 1929).

Pflanzenarten		Probeflächen																				B. K.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
W I. ¹⁾	<i>Pinus silvestris</i>	3	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	3	1	2	.	.	1	3	1	2	2	V
		15	12	14	16	14	14	15	16	15	14	12	12	16	16	.	.	11	11	15	10	.	.
W II.	<i>Betula pubescens</i> . . . . .	.	1	1	1	.	.	.	1	.	1	1	1	1	1	0	0	.	1	1	1	1	III
	<i>Picea excelsa</i>	1	1	.	1	.	1	.	1	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	1	III
	<i>Pinus silvestris</i>	1	.	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	.	1	1	2	.	.	.	1	IV
G.	<i>Betula pubescens</i>	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	.	.	1	IV
	<i>Picea excelsa</i>	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
	<i>Pinus silvestris</i> . . . . .	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
F.	<i>Arundo phragmites</i>	2	1	2	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	2	1	IV
	<i>Betula pubescens</i>	1	1	1	1	1	.	1	1	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	1	1	1	IV
	<i>Carex globularis</i> . . . . .	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	II
	<i>Carex lasiocarpa</i>	2	1	1	1	1	.	.	1	1	.	.	3	.	2	2	4	.	1	2	2	2	IV
	<i>Comarum palustre</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Drosera rotundifolia</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Epipactis palustris</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Equisetum heleocharis</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Equisetum palustre</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Eriophorum vaginatum</i>	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	V
	<i>Gymnadenia conopsea</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Listera cordata</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	1	I
	<i>Melampyrum pratense</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V
	<i>Menyanthes trifoliata</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Orchis maculatus</i>	1	1	1	1	.	1	1	.	1	.	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	IV
	<i>Pedicularis palustris</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Picea excelsa</i>	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	1	1	.	1	1	II
<i>Salix myrtilloides</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	I
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	1	.	1	1	2	1	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V	
B.	<i>Sphagnum medium</i>	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	.	1	1	V
	<i>Sphagnum recurvum</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	V
Nur auf den Büßen	<i>Dicranum undulatum</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	I	
	<i>Ledum palustre</i> . . . . .	.	.	.	1	0	.	.	1	.	1	1	.	1	.	1	.	.	.	.	1	II	
	<i>Picea excelsa</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	I
	<i>Hypnum Schreberi</i>	1	.	1	0	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	.	1	1	1	1	1	IV
	<i>Polytrichum commune</i> . . . . .	.	.	1	1	1	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	II
	<i>Vaccinium uliginosum</i>	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	1	1	.	1	1	IV
	<i>Vaccinium vitis idaea</i>	1	.	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	I	

dem *Sphagnum* im der Pflanzendecke auch *Pinus silvestris*, *Eriophorum vaginatum*, *Oxycoccus palustris* u. a. konstant sind.

¹⁾ W. = Waldschicht, G. = Gebüschschicht, F. = Feldschicht, B. = Bodenschicht.

Auch im jungen Moore werden Erscheinungen beobachtet, die miteinander in kausaler Relation stehen: die Bedingungen der Entstehung eines solchen Moores sind ein gemässigttes Klima, eine konkave Bodenfläche und ein der letzteren unterlager-tes wasserdichtes Gestein. Unter diesen Bedingungen tritt in der Einsenkung stagnierendes Wasser auf; die Einsenkung wird von einer Moorvegetation eingenommen, und hier bildet sich Torf. Doch ist ein junges Moor eine ganz kleine geographische Einheit, indem es Flächen von 100 qm bis 1 qkm Grösse einnimmt.



1710, 1720, 1730 . . . Höhenziffern (in m).

Abb. 25. Grundriss einer Höhle (Eisriesenwelt im Tennengebirge) (Czoering-Czernhausen 1926).

Im Tennengebirge befindet sich die grösste Eishöhle der Erde — die Eisriesenwelt (Czoering-Czernhausen 1926) (Abb. 25). Ihr Eingang liegt in 1656 m Seehöhe, ist 20 m breit und 18 m hoch und zeigt ein tonnenförmiges Erosionsprofil. Das Innere der Höhle ist aus Hallen (Damokleshalle), Tunneln, Labyrinth (Eislabyrinth) usw. zusammengesetzt. Die Gesamtlänge der Gänge von verschiedener Grösse und Form macht 27 km aus. Die Eisfläche erreicht 20 000 qm. Das Eis erscheint hier als unterirdischer Gletscher, bildet steile Eiswände, prachtvolle Eisfiguren, Eishallen, Eislabyrinth usw. Das ursprüngliche Erosionsprofil,

das durch unter Druck fliessendes Wasser erzeugt wurde, ist in den grösseren Höhlengängen durch Decken- und Wandbrüche vielfach gestört; daher bildet in diesen meist scharfkantiges Bruchwerk den Bodenbelag. Die Eisriesenwelt weist Tropfstein- und Sinterschmuck in allen Formen auf. In trockenen Höhlenteilen sind gelber, aus Kalkrückständen entstandener Sand und Roterde abgelagert. An Fauna werden neben Schmetterlingen lebende Fledermäuse und deren zahlreiche Skelette gefunden.

Das Klima einer Höhle hängt von dem Klima der nächsten Teile der Erdoberfläche ab. Der Mangel an Licht und die besonderen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse haben einen grossen Einfluss auf die Höhlenpflanzen und -tiere: infolge der völligen Dunkelheit geht in der Höhle eine Degeneration der Sehorgane der Tiere vor sich, die Augen der Tiere sind oft nur rudimentär entwickelt, oder auf Kosten des Gesichtssinnes entwickeln sich stark die Geruchs- und Tastorgane. Ebenso bedingt das Klima die Bildung von Eis in der Höhle, während fliessendes Wasser und der Wind verschiedene Teile der Höhle verändern und neue Gänge erzeugen. Eine Kausalität finden wir weiter in der Raumentstehung, Raumerweiterung und Raumerfüllung der Höhlen (Kyrle 1923).

Nach Passarge (Passarge 1921, S. 6) ist eine Landschaft ein Gebiet, das möglichst nach Klima, Pflanzendecke, Oberflächengestaltung, Bewässerung, geologischem Bau und Boden eine Einheit bildet. Berg (Berg 1915) sagt, dass die Landschaften regelmässige Gruppen der Dinge und Erscheinungen darstellen, die auf der Erdoberfläche vorkommen. Zu Landschaften hat man früher nur diejenigen Teile des Festlandes gezählt, die genügend gross sind.

In Kapitel III, 1 wurde gezeigt, dass die Landschaften von Erscheinungen gebildet werden, die kausal miteinander verknüpft sind. Ausser den Landschaften werden auf der Erdoberfläche andere regelmässige Gruppen von Erscheinungen beobachtet, die man physische Regionen des Meeres (Schott 1926), Naturgebiete (Sölch 1924, S. 17), Naturzonen (Dokutschajew 1899) usw. nennt, und die nicht nur die Oberfläche des Festlandes, sondern auch Meere und Höhlen einnehmen. Deswegen ist es zweckmässig, den Begriff der Landschaft zu erweitern und einen Begriff aufzustellen, der alle regelmässigen Gruppen von Erscheinungen der Erdoberfläche umfasst.

Der Begriff der Landschaft ist heute auf sehr kleine Einheiten erweitert. Während die Choren (Penck 1928) wenigstens einige Kilometer im Durchmesser betragen, und während ein Schilfstreifen z. B., der einen See umfasst, früher als ein unselbstständiger Formbestandteil der Landschaft betrachtet wurde (Passarge 1927, S. 45), hat Passarge im Jahre 1930 den Begriff des landschaftlichen Zwergraumes aufgestellt, der sogar kleiner als 100 qm sein kann (Passarge 1930).

Mit dem Worte „Landschaft“ bezeichnet man gewöhnlich nicht die physischen Regionen des Meeres, denn dieses Wort stammt vom Worte „Land“, das gewöhnlich dem „Meere“ gegenübergestellt wird.

Ich habe den Begriff des Naturkomplexes eingeführt (Markus 1925 c). Der Naturkomplex wird von Dingen und Vorgängen gebildet, die in einem gewissen Teil der Erdoberfläche lokalisiert und kausal miteinander verbunden sind. Zu den Naturkomplexen gehören ausser grossen Landschaften auch Einheiten von geringen Dimensionen, wie z. B. das junge Moor von Selgus, ferner die physischen Regionen des Meeres, wie das Westeuropäische Meer, dann Seen, Flüsse, Höhlen: obgleich die Höhlen unterirdische Räume darstellen, sind sie gleichzeitig eng mit der Erdoberfläche verbunden, denn ihr Klima, ihre Pflanzenwelt usw. zeigen kausale Zusammenhänge mit den Erscheinungen der Erdoberfläche.

7. Kulturlandschaft.

Der Mensch legt Fabriken an, verwandelt Moore in Ackerland, bewässert Wüsten. In allen diesen Fällen tritt er als ein kausaler Faktor auf: infolge seiner Tätigkeit entstehen Siedlungen, bedecken sich die Moore mit Ackerfeldern (Lukkala 1929), in Wüsten bildet sich Kulturland (Fenner 1934, S. 90).

Der Mensch ist ein sehr wirksamer Faktor (Penck 1928, S. 38) durch den Bergbau verursacht er bedeutende Veränderungen des Reliefs und verwandelt ländliche Siedlungen in industrielle Bezirke (Telschow 1933), erbaut grosse Städte im kalten Norden (Chibinogorsk auf der Halbinsel Kola), entwässert Seen. Die ganze Kulturlandschaft ist sein Werk (Penck 1928, S. 45). Bei seiner Tätigkeit verändert er die Landschaft so stark, dass in ihr ganz neue Existenzbedingungen geschaffen werden (Bewässerungsoasen

in Wüsten). Deshalb enthalten die Landschaften oft fremdbürtige Kulturelemente, oder die Kulturformen werden über die verschiedensten Erdräume typisiert (Creuzburg 1928, S. 422).

Andererseits sehen wir eine Abhängigkeit des Menschen von der Erdoberfläche: in den Tropen pflanzt der Mensch Bananen, in Steppen züchtet er Vieh, in Kalahari sammelt der Mensch Wurzeln und Früchte der Pflanzen. Wir finden kausale Zusammenhänge zwischen der Landschaft und den Kulturelementen, die der Landschaft angepasst, innenbürtig sind (Creuzburg 1928, S. 421). Die Tätigkeit des Menschen ist oft naturbedingt (Krebs 1923, S. 86) und steht unter den Gesetzen der mechanischen Kausalität (Penck 1928, S. 38).

Neben der Kausalität finden wir in der Tätigkeit des Menschen auch objektiv-teleologische Ideen. Der Mensch macht sich die Stoffe und die Kräfte der Erde zunutze und sucht sie nach seinen Zwecken umzuformen.

Mithin kann der Mensch sowohl als kausaler Faktor wie auch als Objekt des Wirkens auftreten, während er im Rahmen der Kausalität eine teleologische Tätigkeit ausübt.

In einer Kulturlandschaft müssen wir die Naturbedingungen betrachten, von denen die Landschaft als Ganzes und mit ihr auch der Mensch abhängt (Schlüter 1906), ferner die Tätigkeit des Menschen als eines kausalen Faktors behandeln und in dieser Tätigkeit seine Willenshandlungen besonders untersuchen.

Durch die Analyse einer Kulturoase von Turan (Tab. 21) finden wir, dass eine negative Bedingung für die Entstehung einer Oase die Trockenheit der Wüste bildet, die durch künstliche Bewässerung beseitigt wird. Wenn wir nun die Bedingungen untersuchen, die für das Auftreten der Kulturoase wichtig sind, so beobachten wir in Turan viele Flüsse mit süßem Wasser, die auf hohen Gebirgen (Tien-Schan mit Chan-Tengri 7 km, Pamir, Hindukusch) entspringen und deshalb in ihren oberen Teilen ein bedeutendes Gefälle haben (Aziatskaja Rossija 1913—1914).

Obgleich Turan arm an Niederschlägen ist, ziehen die hohen Gebirge Niederschläge zusammen und sind mit ewigem Schnee und Gletschern bedeckt. Das Schmelzen der Gletscher geht im Sommer vor sich, und die Flüsse bringen den Farmern Wasser zu der Zeit, wo es für sie am nötigsten ist. Bergseen und entsprechende Täler ermöglichen die Errichtung künstlicher Wasserbecken.

Tab. 21. Kausalität und Teleologie:
Kulturoasen in Turan.

Kausalität	Wichtigste Grundbedingungen	Folgeerscheinungen	Teleologie
Kausale Bedingungen	1. Hohes Gebirge: Tien-Schan (Chan-Tengri 7 km), Pamir, Hindukusch	Vorhandensein von Wasser: genügende Niederschlagsmenge, ewiger Schnee, grosse Gletscher	
	2. Zahlreiche Flüsse, die grosse Wassermengen von den Bergen in die Wüste führen: Amu-darja, Syr-darja, Murghab, Serafschan, Ili, Tschu	Flussoasen	
	3. Übergang stark geneigter Flächen in Ebenen	Möglichkeit der Errichtung von Bewässerungskanälen	
	4. Mensch	Bewässerungsoasen: Kanäle } Dämme } Bewässerung Reservebecken } Baumwolle } Anbau von Reis } Kulturpflanzen Fabriken } Begründung Hydroelektrische Stationen } von Siedlungen	Zweckmässige Tätigkeit des Menschen

Bei dem Vorhandensein der beschriebenen Naturbedingungen tritt der Mensch als kausaler Faktor hervor: er schafft Bewässerungsoasen. Durch seine Willenshandlungen entstehen an Flüssen bei ihrem Übergange aus den Bergen in die Ebene Systeme von Kanälen, wobei der Zufluss des Wassers durch Dämme reguliert wird. Das Wasser einiger Nebenflüsse wird vollständig ausgenutzt, so dass diese Nebenflüsse ihren Hauptfluss nicht mehr erreichen (Syr-darja mit Sokh) (Abb. 26 u. 27). In Bewässerungsgebieten werden Reservebecken gebaut, worin Wasser sich in wasserreicher Zeit ansammelt. Durch seine zweckmässige Tätigkeit bewässert der Mensch Wüstenflächen, baut in den bewässerten Gebieten Baumwolle, Reis und andere Kulturpflanzen an, begründet Siedlungen und Fabriken.

Die Bewässerungsoasen von Turan sind sehr alt. Schon im Jahre 126 v. Chr. berichtet ein chinesischer Reisender, dass zu dieser Zeit in Turan 70 „Städte“ vorhanden waren. Berühmt war

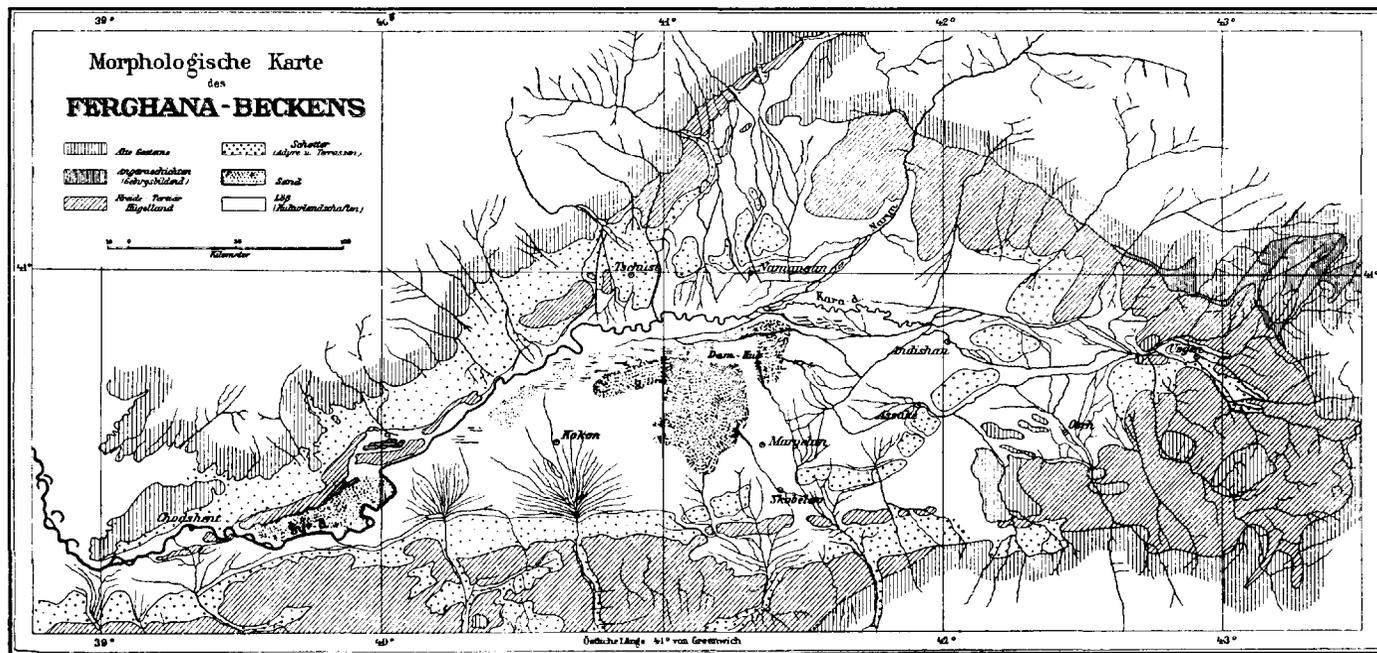


Abb. 27. Fergana-Becken (Machatschek 1921).

radezu sagenhaften Glanze umgeben war und auch in unseren Tagen wieder weltberühmt ist (Machatschek 1921). Während vor Jahrzehnten in Ferghana Getreide- und Luzernfelder sich ausbreiteten, ist hier jetzt die amerikanische Baumwolle tonangebend geworden. Am intensivsten wird die Baumwollkultur im Kreise Andishan betrieben, wo mit der steigenden Sorgfalt der Bewässerung auch die Erträge stark gestiegen sind. Die Europäisierung der Wirtschaft hat die mit der Baumwolle zusammenhängenden Hilfgewerbe mächtig gefördert. In den grösseren Zentren bestehen zahlreiche modern eingerichtete Baumwollreinigungs-, Press- und Entkernungsanstalten, Anlagen zur Gewinnung von Öl und Ölkuchen u. a. Von der Wirksamkeit des Menschen bei der Schaffung der Kulturlandschaft von Ferghana zeugen ferner dichte Kanalnetze in der Umgebung von Kokan, Margelan usw., wo das Wasser der Nebenflüsse des Syr-darja vollständig ausgenutzt wird.

Eine Kulturlandschaft entsteht so infolge des Zusammenwirkens bestimmter Naturfaktoren und des Menschen, wobei kein Faktor für das Landschaftsbild mehr wirksam ist als der Mensch (Penck 1928, S. 41), der die Naturbedingungen oft vollständig verändert.

8. Elemente eines Naturkomplexes.

Bestimmte für einen Naturkomplex charakteristische Erscheinungen kann man zu Gruppen vereinigen und diese Gruppen als Elemente des Naturkomplexes bezeichnen (Tab. 22). Die Zahl dieser Elemente hängt von dem Charakter der entsprechenden Naturkomplexe ab. Creuzburg (Creuzburg 1928, S. 412) behandelt natürliche und kulturelle Elemente der Landschaft. Nach Friedrichsen (Friedrichsen 1921, S. 237) werden Landschaften aus organischen und anorganischen Elementen aufgebaut. Das sind die Pflanzendecke, die Tierwelt, der Mensch, das Grundgerüst, das Deckgebirge, die Lufthülle.

In Naturkomplexen, die Teile des Festlandes einnehmen, unterscheidet ich sieben Elemente. In einem Hochmoor z. B. bilden alle für dieses Moor charakteristischen klimatischen Erscheinungen sein klimatisches Element. Das Hochmoor hat ferner ein lithologisches, ein topographisches, ein hydrologisches, ein pedologisches, ein biologisches und ein anthropologisches Element. In einer

Tab. 22. Elemente der Landschaft:
Erlenbruchwaldmoor.

Elemente der Landschaft	Ihre charakteristischen Merkmale
1. Relief	Geneigte muldenförmige Vertiefung
2. Geologischer Untergrund	Wasserdichtes Gestein
3. Klima	Gemässigt, genügend niederschlagsreiches Klima
4. Hydrologische Bedingungen a) trockene Zeit b) feuchte Zeit c) Wechsel von regenlosen und Regentagen	Das Grundwasserniveau liegt sehr tief, sogar tiefer als in den höher liegenden Podsolmooren Das Grundwasser quillt oft über die Ränder der Bodenquerschnitte Beim Regen sammelt sich in der Vertiefung viel Wasser, das hier nicht stagniert, sondern sich fortbewegt; man beobachtet in Erlenbruchmulden eine charakteristische Schwankung des Grundwasserniveaus
5. Boden	Konstante Schichten eines Bruchwaldmoorbodens: Bruchwaldtorf Dunkle Schicht Weissliche Schicht Rostbraune Schicht Gleyschicht
6. Vegetation	Konstante Pflanzenarten: <i>Alnus glutinosa</i> <i>Athyrium filix femina</i> <i>Carex elongata</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Galium palustre</i> <i>Lysimachia thyrsiflora</i> <i>Picea excelsa</i> <i>Ribes nigrum</i>

Kulturlandschaft dagegen ist es zweckmässig, einige natürliche Elemente als ein einziges Element zusammenzufassen und das kulturelle Element in viele Elemente zu zergliedern, die von den industriellen, Verkehrs- u. a. Bedingungen der Kulturlandschaft gebildet werden. Ebenso genügt es nicht, in einem ozeanischen Naturkomplex mit einem einzigen hydrologischen Element zu rechnen, denn das Wasser spielt in diesem Naturkomplex eine Hauptrolle.

9. Die Landschaftskunde und die Wissenschaften, die einzelne Elemente der Naturkomplexe untersuchen.

Die Wissenschaft, die sich mit den Landschaften oder überhaupt den Naturkomplexen beschäftigt, heisst Landschaftskunde. Teile der Landschaftskunde sind die Moorkunde, die Limnologie, die Speläologie, die Ozeanographie u. a., die sich die Untersuchung spezieller Naturkomplexe — Moore, Seen, Höhlen, des Weltmeeres u. a. — zur Aufgabe stellen. Einzelne Elemente der Naturkomplexe dagegen behandeln die Geomorphologie, die Klimatologie, die Bodenkunde, die Pflanzengeographie, die Wirtschaftsgeographie u. a. Während die Landschaftskunde bestimmte geographische Ganze betrachtet, untersuchen die erwähnten Wissenschaften die Klimaprovinzen, Pflanzenassoziationen, zoogeographischen Sozietäten, Biozöosen, Wirtschaftsgebiete usw. Die letzteren Begriffe stehen somit dem Begriffe „Naturkomplex“ nahe, doch fallen sie mit ihm nicht zusammen.

Eine Assoziation wird von Pflanzen, eine Sozietät von Tieren (Deegener 1918), eine Biozönose von Bewohnern des Biotops (Dahl 1921) gebildet. Ein Naturkomplex dagegen enthält ausser Pflanzen und Tieren auch andere Dinge — Gesteine, Wasser, Luft usw. Es gibt ferner Naturkomplexe, die keine Vegetation (Schuttkomplexe in dem Chibinā-Gebirge, Halbinsel Kola) oder keine Tierwelt enthalten. Die Klimaprovinz ist ein rein klimatologischer, die Bodenart ein pedologischer Begriff usw.

Die Landschaftskunde bedient sich der Methoden der Wissenschaften, die die Elemente der Naturkomplexe untersuchen. Andererseits werden in der Klimatologie, Pflanzengeographie, Wirtschaftsgeographie u. a. die Methoden der Landschaftskunde angewandt. So gelten in der Paläoklimatologie Gips und Salz als Zeichen eines trockenen Klimas, während Aufschüttungen mächtiger klastischer Sedimente terrestrer oder mariner Art von starken Wasserläufen, also einem regenreichen Klima zeugen (Dacqué 1932, S. 623). Tutkowsky (Tutkowsky 1900) findet im Polesje Kantergerölle und zeigt, dass sie in einem Trockengebiet entstanden sind.

Die Verteilung von Salz, Gips, Kohle u. a. in den geologischen Formationen lässt die Verbreitung von Wüsten und regenreichen Gebieten der Vorzeit feststellen (Köppen-Wegener 1924).

Hand in Hand mit der Landschaftskunde arbeiten die Vertreter der Pflanzensoziologie, der Zoogeographie, der Bodenkunde, der Anthropogeographie u. a. Zwecks Anwendung der vergleichenden geographischen Methode bei der Untersuchung der Verbreitung ozeanischer Flechten stellt Degelius die Regenkarte von Europa und die Verteilung der Flechten nebeneinander und findet dabei, dass alle Verbreitungszentren der ozeanischen Flechten mit Zentren hoher Niederschlagsmengen zusammenfallen (Degelius 1935, S. 259). Bei der Untersuchung der Pflanzendecke werden parallel auch andere Elemente der Landschaft behandelt. Pallmann und Häffter (Pallmann-Häffter 1933, S. 411) zeigen, dass der Klimaxboden im *Rhodoreto-Vaccinietum* als ein Eisenpodsol erscheint. Volk (Volk 1930/31) untersucht die Morphologie und die Zusammensetzung der Böden, die von Sandvegetation eingenommen werden. Zobrist (Zobrist 1935) analysiert eingehend die Eigenschaften der Böden, die für *Schoenetum nigricans* in der Schweiz charakteristisch sind. Begründete Aufmerksamkeit schenken den Böden in ihren Arbeiten die russischen Pflanzengeographen, die mit der Vegetation auch die Böden untersuchen (s. Arbeiten der russischen Kolonisationsverwaltung aus den Jahren 1910—1917, Red. B. Fedtschenko, ferner Solonewicz 1934 u. a.). Die parallelen Untersuchungen der Vegetation und der Böden zeigen, dass die Vegetation und die Böden kausal voneinander abhängen (Eklund 1931, S. 55), dass die Vegetation von dem Feuchtigkeitsfaktor bestimmt wird (Brenner 1931, S. 56), und dass man Reihen der Pflanzenassoziation und ihnen entsprechender anderer Erscheinungen aufstellen kann (Thunmark 1931, S. 31).

In der experimentellen Ökologie macht sich neuerdings die kausale Betrachtungsweise bemerkbar, die mit der teleologischen vereinigt wird (Walter 1927, S. 75). Man versucht die Gesellschaftsbildung kausal zu verfolgen (Däniker 1928, S. 409) und die kausale Bedingtheit der Sukzessionserscheinungen festzustellen (Zobrist 1935, S. 139).

Ebensolche Richtungen bemerkt man auch bei dem Aufbau der Zoogeographie. Neben der ökologischen Tiergeographie, die die Tiere in ihrer Abhängigkeit von den Bedingungen ihres Lebensgebietes, in ihrem Angepasstsein an ihre Umwelt betrachtet, wird der Begriff der kausalen Tiergeogra-

Tab. 23. Kausale Relationen in einer Landschaft.
Erlenbruchwaldmoor.

Bedingungen		Folgerscheinungen		Die in Betracht zu ziehenden Relationen
Grundelemente	1. Geneigte muldenförmige Vertiefung 2. Wasserdichter Untergrund 3. Gemässigt, genügend niederschlagsreiches Klima	Hydrologische Bedingungen der Bruchwaldmoore	Vegetation des Bruchwaldmoores Bruchwaldmoorböden	Gegenseitige Beziehungen zwischen allen Elementen der Landschaft
Einfluss abhängiger Elemente auf die anderen Elemente	Hydrologische Bedingungen	Entstehung eines Bruchwaldmoorbodens		
	Schwarzerlenwald	Ein durch die starke Verdunstung im Walde hervorgerufenen tiefes Grundwasserniveau in trockener Zeit		

phie¹⁾ aufgestellt: die letztere sucht die auffälligen Verschiedenheiten in der Verteilung der Verwandtschaftsgruppen der Tiere über die Erdoberfläche zu erforschen und verfolgt andererseits die Wechselbeziehungen zwischen Lebensstätte und Tierbewohnerschaft (Hesse 1924). Man versucht bei der Untersuchung der Verbreitung sowohl der Tiere als auch der Pflanzen nicht nur ihre Verbreitungsgebiete, sondern auch die Bedingungen der Verbreitung festzustellen (Derjugin 1915, Berg 1928 b, Brunelli 1931, Peus 1932, Ekman 1934).

Verwandt mit der Landschaft und dem Naturkomplex sind der pflanzengeographische Standort und der tiergeographische Biotop.

Unter dem Standort versteht man in der Pflanzengeographie die Gesamtheit der an einer bestimmten Örtlichkeit auf die Pflanzenwelt wirkenden Einflüsse (Rübel 1930, S. 13). Der Standort wird als eine „Hauptursache der Pflanzengesellschaften“ betrachtet, während das Standortstudium in der Untersuchung ver-

¹⁾ Der kausalen Tiergeographie widmet sich die Zeitschrift: Zoogeographica. Internationales Archiv für vergleichende und kausale Tiergeographie.

Tab. 24. Kausale Relationen zwischen einer Assoziation und ihrem Standort:
Erlenbruchwaldmoor.

Bedingungen		Folgeerscheinungen	Die in Betracht zu ziehende Relation
Grundbedingungen	Die von den Grundbedingungen abhängigen Erscheinungen		
1. Geneigte muldenförmige Vertiefung 2. Wasserdichter Untergrund 3. Gemäßigtes, genügend niederschlagsreiches Klima	Charakteristische hydrologische Bedingungen der Bruchwaldmoore Bruchwaldmoorböden	Vegetation des Bruchwaldmoores (<i>Alnus glutinosa</i> mit <i>Filipendula ulmaria</i> u. a.)	Einfluss der Standortsfaktoren auf die Vegetation
Standort		Assoziation	

schiedener Wirkungen auf die Pflanzenwelt besteht (Rübel 1930, S. 14 u. 15).

Die Standorte nehmen oft dieselbe Stellen ein, wie die ihnen entsprechenden Naturkomplexe. Doch lenken in einem Naturkomplex unsere Aufmerksamkeit alle Dinge und Vorgänge auf sich, die kausal miteinander verknüpft sind, während in einem Standort diejenigen Einflüsse einseitig vorausgestellt werden, die sich auf die Pflanzenwelt richten (Tab. 23 u. 24).

Im Kapitel II, 2 wurde ein kleiner Naturkomplex — das Erlenbruchwaldmoor (Tab. 1 u. 22) — beschrieben, der in seiner Verbreitung fast genau mit dem Standort eines *Alnetum*'s zusammenfällt. Doch bilden den Standort nur diejenigen Bedingungen, die auf das *Alnetum* Einfluss haben (Tab. 24), d. h. ein gemäßigtes, genügend feuchtes Klima, eine muldenförmige geneigte Vertiefung, der der letzteren unterlagerte wasserdichte Lehm, die von diesen Grundbedingungen hervorgerufenen entsprechenden hydrologischen Verhältnisse usw. Zum Naturkomplex gehören auch alle anderen Erscheinungen, die untereinander kausale Zusammenhänge aufweisen: die Geographie untersucht auch den Einfluss der Pflanzendecke auf das hydrologische Element des Naturkomplexes (Tiefe des Grundwasserniveaus im Walde und auf der

Wiese, Kapitel II, 2), behandelt die Abhängigkeit des Klimas von der Vegetation usw.

Ein Biotop umfasst Abschnitte des Lebensraumes der Tierwelt, die im wesentlichen Verhalten der Lebensbedingungen und in den dort vorhandenen, an die Bedingungen angepassten Lebewesen, den Lebensformen, gleichartig sind und von anderen Örtlichkeiten darin abweichen (Hesse 1924, S. 141). Aus dieser Definition folgt, dass die Biotope bestimmte Naturkomplexe einnehmen und mit ihnen zusammenfallen können. Amsel (Amsel 1933, S. 71 f.) z. B. hat in Palästina einen Biotop untersucht, den er als Galeriewald des Jordans bezeichnet hat. Dieser Biotop ist ökologisch sehr gut abgegrenzt, da er nur soweit reicht, wie sich das Überschwemmungsgebiet des Jordans erstreckt. Das Gepräge des Waldes bestimmen im wesentlichen zwei Bäume, nämlich *Populus euphratica* und mehrere Arten der Tamariske. Dazu kommt ein zum Teil undurchdringliches Unterholz (*Cyperus rotundus* u. a.). Die lepidopterologische Erforschung des Galeriewaldes zeigt, dass in ihm mit Sicherheit zwei stenotope Arten festgestellt werden können, nämlich *Semasia euphratica* und *Pseudoteleia squamodorella*, während die Zahl der vorwiegend stenotopen Arten allerdings bedeutend grösser ist.

Im angeführten Falle kann der Galeriewald des Jordans sowohl als ein Biotop wie auch als eine Landschaft betrachtet werden.

Ebenso stellen Naturkomplexe die Biotope des Rothalstauchers (*Podiceps griseigena*) dar, der ein typischer Brutvogel derjenigen Teiche und kleineren Seen ist, die eine von Pflanzeninseln, Bulten, Schilfkomplexen mitten im seichten Wasser unterbrochene Wasserfläche zeigen (Friedling 1933, S. 528 f.).

Auch ihrer Grösse nach können Biotope Naturkomplexen entsprechen: zu den kleinsten Biotopen z. B. gehört das Podsolmoor von Jätasoo (Kap. III, 2.). Es bietet den in ihm lebenden Tieren gleichartige Lebensbedingungen, indem die Tiere sich diesen Bedingungen anzupassen streben: im Gebiete eines versumpfenden Waldmoores (Tab. 11 u. 34), d. h. allmählich schlechter werdender Existenzbedingungen verlegen die Ameisen ihre Wege auf die Sphagnumdecke, schneiden *Sphagnum* ab, bedecken es mit Kiefernnadeln usw.

Den Wissenschaften, die sich mit einzelnen Elementen des Naturkomplexes beschäftigen, bietet die Geographie einerseits die räumliche Bedingtheit (Hochholzer 1931 b, S. 208) — die Basis

kausaler Bedingungen, von denen die zu untersuchenden Erscheinungen abhängen (Tab. 31, 39, 41). Andererseits schlägt die Geographie für die Untersuchung bestimmter Fragen spezielle ergänzende Methoden vor, die den entsprechenden Wissenschaften fehlen.

Das Hafenpaar Osaka-Kobe, das nach Mecking (Mecking 1931, S. 321—373) den „Kuppelraum des ganzen japanischen Wirtschaftsgebäudes“, voller Leben, bildet, liegt an der Osaka-Bai, die einen gemeinsamen Seevorplatz des Hafenpaares bildet und mit anderen Häfen Japans und des Auslandes verbunden ist. An der Bai liegt eine quartäre Ebene, welche die riesige Stadt Osaka und ihre Industrievororte trägt, und an deren Rande auch Kobe liegt. Die Umgebung des Hafenpaares ist ein Siedlungskerngebiet von Japan und bildet ein wichtiges Hinterland für die Häfen (Jacobi 1932). Dieses Gebiet ist mit anderen Verkehrs- und Lebensräumen eng verbunden, während das Gefälle der Flüsse zur Kraftgewinnung für Osaka und Kobe nutzbar gemacht und für den Städtebezirk Kobe-Osaka-Kyoto-Wakayama ein Netzwerk elektrischer Schnellbahnlinien in Angriff genommen worden ist. Durch die Raumbeherrschung von Kapital, Handel und Verkehr wachsen die Sphären der wirtschaftlichen Kraftzentren immer weiter, und das Hafenpaar Osaka-Kobe zieht dadurch weitere, an sich selbständige Gebiete in seinen Bann, wie die Nagoya-Ebene, deren Bewohnerzahl auf 3—4 Millionen veranschlagt werden kann. Infolge ihrer Lage bilden Osaka und Kobe eine stark verbundene Einheit, einen Universalhafen, in welchem alle drei wesentlichen Funktionen des Hafens verbunden sind: die Stapel-, Industrie- und Hinterlandsfunktion.

IV. Chorogenese.

1. Chorogenie.

Unter der *Chorogenese* verstehen wir die Entstehung eines Naturkomplexes, seine Veränderungen und seine ganze Entwicklungsgeschichte. In Kapitel II, 3 z. B. lernten wir die Entstehung der Dünenlandschaft von Vilo kennen und verfolgten ihren Entwicklungsgang.

Das Wort „Chorogenese“ stammt von den griechischen Wörtern *χώρα* — Örtlichkeit, Landstrich, Land, Gebiet, Landschaft und *γένεσις* — Entstehung und bedeutet so die Entwicklung einer Örtlichkeit, einer Landschaft, eines Naturkomplexes. Vom Worte *χώρα* stammen die Bezeichnungen vieler anderer geographischer Begriffe. Hettner (Hettner 1927) betrachtet die Geographie als eine chorologische Wissenschaft. Teile der Geographie sind die Chorologie, die Chorographie u. a. Sölch (Sölch 1924, S. 27) und Penck (Penck 1928, S. 41) bezeichnen bestimmte Landschaften als Choren. In der Pflanzengeographie werden die Ausdrücke *Synchorologie* — Gesellschaftsverteilung, *chorologie sélective*, *unités chorologiques* (Jaccard 1922, Pavillard 1923, Braun-Blanquet u. Pavillard 1925, S. 10) angewendet.

Dem Begriffe „Chorogenese“ sind die Begriffe der Morphogenese, der Sukzession u. a. verwandt. Die *Morphogenie* (von *μορφή* — Form, Gestalt und *γίγνομαι* — ich entstehe) hat die Form der geographischen Objekte im Auge, während die Chorogenie den Entwicklungsgang einer Landschaft als Ganzes behandelt. Unter der *Sukzession* (von *succedere* — nachfolgen) versteht man in der Pflanzengeographie eine Reihe von Pflanzengesellschaften, die in einer Lokalität aufeinanderfolgen (Rübel 1913, S. 903—906). So untersucht die Sukzessionslehre die Veränderungen nur eines bestimmten Elementes des Naturkomplexes (Furrer 1922) und bildet demnach einen Teil der Chorogenie. Doch ist es nicht

zweckmässig, diesen Begriff auf die Landschaft auszudehnen: die Landschaft verändert sich sehr langsam, und es wird bei der Chorogenese gewöhnlich kein Aufeinanderfolgen verschiedener Landschaften an ein und demselben Ort beobachtet.

Die Chorogenie befindet sich heute im Entwicklungsstadium. Doch gibt es schon Wissenschaften, die die Veränderungen einzelner Elemente der Naturkomplexe betrachten. Mit besonderer Aufmerksamkeit wird die Entstehung der Oberflächenformen behandelt (Passarge 1920). Die Sukzessionslehre widmet sich der Untersuchung der Vegetation (Clements 1928 u. a., Cowles 1911, Shantz 1917, Lüdi 1920), die Klimatologie — der Veränderung des Klimas. Grosse Fortschritte hat die Pedologie in der Untersuchung der Entstehung von Böden gemacht (Dokutschajew 1883, Glinka 1908), usw. Andererseits gibt es Wissenschaften, die die Entwicklung spezieller Naturkomplexe behandeln. Wichtige Untersuchungen werden der Entstehung der Moore gewidmet. Die Speläogenie — eine Abteilung der Speläologie — behandelt speziell die Entwicklung von Höhlen. Die Entwicklungsweise der Seen wird sogar der Klassifikation der genannten Naturkomplexe zugrunde gelegt. Es verdienen unsere Aufmerksamkeit die Untersuchungen der Entstehung von Steppen und von Städten. Die Paläogeographie beschäftigt sich mit der Entwicklungsgeschichte grosser geographischer Einheiten (Kontinente, Meeresbecken).

Die Chorogenie entlehnt den erwähnten Wissenschaften die ihr passenden Methoden, stellt spezielle Prinzipien auf, nach denen sie diese Methoden einrichtet, schafft neue Untersuchungsmethoden und wendet alle aufgestellten Prinzipien und Methoden auf die verschiedenen Naturkomplexe und ihre Elemente an. Ihrerseits bietet die Chorogenie anderen Wissenschaften ihre Hilfe an: die Sukzessionslehre benutzt die pedologischen (Markus 1925 b), die Klimatologie die geologischen Methoden (Arlt 1922, Köppen-Wegener 1924), usw.

Während die Geographie ihrem Charakter nach chorologisch ist (Hettner 1927), muss die Chorogenie als eine geschichtliche Wissenschaft aufgefasst werden.

2. Die Entstehungszeit der Glieder von Naturkomplexen.

Zur Feststellung der Entstehungszeit verschiedener Glieder der Naturkomplexe bedient man sich der Methoden der geschichtlichen Reihenfolge, der Gliederveränderung und der Konnexion.

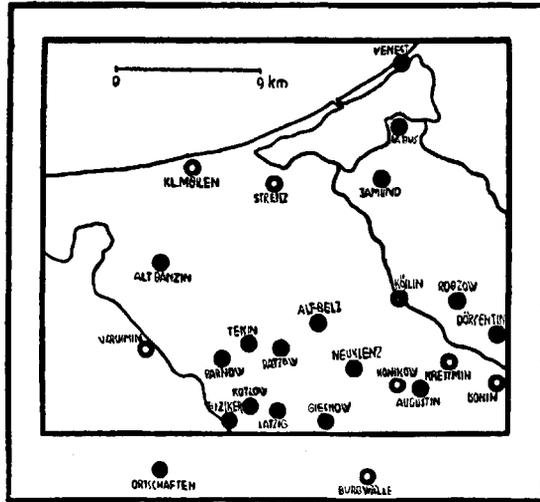


Abb. 28. Slavische Ortsnamen in Pommern (Trotha 1933).

Bei der Anwendung der Idee der geschichtlichen Reihenfolge sucht man solche Bestandteile eines Ganzen auf, die sich nacheinander gebildet haben, und deren zeitliche Aufeinanderfolge deutlich erkennbar ist.

Zur Feststellung früherer Verbreitungsgebiete verschiedener Völker werden heute mit grossem Erfolge die Methoden der Ortsnamenkunde angewandt. Der Stamm „Wirball-“ („Wirballen“) des Wortes „Wirballischki“ ist die deutsche Form für Wierzbołowo, während die Endung für das litauische Volksgebiet charakteristisch ist. Dieser Ortsname weist so auf die deutsche Einwanderung nach Litauen hin (Brandt 1917, S. 580), wobei Wirballischki später von Litauern besiedelt wurde. Durch eine genaue Untersuchung der slavischen Ortsnamen (Miklosich 1927) wurde die frühere Verbreitung der Slaven in Mecklenburg (Engel 1934, S. 28—31) und in Pommern (Trotha 1933) festgestellt, wo man folgende Ortsnamen slavischer Abstammung findet: Collen (von cholm — Hügel), Venest (von ven-vne — aussen), Wonnebach (von czerwony — rot), Streiz

(früher Stresenitz — Wachtplatz), Belz (früher Beliz), Belgard (vgl. Belgrad in Serbien), Stargard (vgl. russ. staryj gorod) u. a. (Abb. 16 u. 28). Doch sprechen die Bezeichnungen Turawe (von tur — Auerochs), Wilkawe, Wilkowitz, Wilkowy (von Wilk-Wolf) u. a. (Pax 1921, S. 111) nicht nur von den früheren Siedlungen der Slaven in Schlesien, sondern zeugen gleichzeitig von Tieren (Auerochs, Wolf), die hier zu slavischer Zeit gelebt haben.

Ein entstehendes Glied des Naturkomplexes setzt sich ferner auf ein früher gebildetes Glied. In geschichtlicher Reihenfolge sind abgelagert Sedimente in Meeren (Devon, Karbon usw.), Seeablagerungen (Gyttja u. a.), Schichten von Torf in Mooren usw. Es wird untersucht, welche Glieder des Naturkomplexes in ähnlicher Weise abgelagert werden, welche von zwei einander deckenden Gliedern gleichzeitig gebildet sind und in welchen Fällen die normale Reihenfolge der Glieder gestört ist. Bei der Untersuchung der Steppen z. B. finden wir oft Lösshorizonte, die eine relikte Schwarzerde bedecken (Krokos 1916, Lungershausen 1934): der Humusboden und der Löss sind in Steppen in geschichtlicher Reihenfolge abgelagert (Abb. 43). Die drei Schichten (A_1 , A_2 , B) eines podsolierten Sandbodens, die sich decken, können hingegen gleichzeitig entstehen. Eine normale Reihenfolge der Glieder von Naturkomplexen stören Erdkräfte (Faltenüberschiebungen, vulkanische Tätigkeit), Tiere (Tierlöcher), Pflanzen (Wurzelröhren), der Mensch (Gruben, Gräben, Bergwerke) u. dgl.

In ähnlichen Fällen wird auch ein anderes Prinzip angewendet. Ein neues Glied wird zwischen den früher gebildeten Gliedern abgelagert. Doch kann ein früher vorhandenes Ganzes erkannt und aus ihm ein in dieses Ganze eingedrungenes Glied ausgesondert werden. Verbreitet sind die hohlen Glieder der Naturkomplexe, die durch Erosion entstehen. Eine Karstlandschaft charakterisieren unterirdische Bäche, deren Betten im Kalkstein verborgen sind. Im Kreuzungsgebiete der Oser und Drumlins, werden oft langgestreckte, ovale, in NW-SO Richtung verlaufende Drumlins beobachtet, die mit Moränenlehm bedeckt sind, in ihrem inneren Teil fluvioglaziales Material enthalten und eine gewölbte ruhige Oberfläche haben. In diesen Drumlins finden wir tiefe Schüsseln, die $\frac{1}{2}$ —1 km im Durchmesser betragen. Andere Drumlins sind von schmalen Tälern durchquert. In vielen Fällen werden ganze Abschnitte von den Drumlins abgeteilt. In allen diesen Fällen kann das frühere Vorhandensein eines Drumlins als Ganzes fest-

gestellt werden. Die Schüsseln, Täler u. a. sind Glieder, die mit einem Drumlin nicht harmonieren und erst nach seiner Ablagerung entstanden sind (Markus 1932, S. 9).

Neben hohlen Gliedern lenken auf sich unsere Aufmerksamkeit volle Glieder des Naturkomplexes, worin abgetragenes Material durch neues Material ersetzt ist. In die Schwarzerde der osteuropäischen Steppen wurden vor Jahrtausenden tiefe Gruben gelegt und in ihnen Kurgane aufgeschüttet. Die abgetragenen Teile der Drumlins sind oft durch Hügellandschaften ersetzt (Markus 1932, S. 9).

Bei der Anwendung der Methoden der Gliederveränderung suchen wir diejenigen Glieder der Landschaft auf, die die Richtung ihrer Veränderung leicht erkennen lassen. Wenn Ackerfelder estländischer Kameslandschaften verlassen werden und das Ackerland sich mit Wald bedeckt (Kap. III, 3), so entsteht in der Kulturschicht des Bodens eine grauweiße Schicht, und der Boden besteht dann aus vier Schichten: der Humus-, der grauweißen, der dunklen und der rostbraunen Schicht. Das Vorhandensein eines solchen Sandbodens in den Kameslandschaften zeigt deutlich, dass die Kames früher von Äckern eingenommen waren, die durch Wald verdrängt wurden.

Durch morphologische Untersuchungen der Podsolmoorböden Estlands, die im typischen Falle aus einer Rohhumus-, einer Humus-, einer grauweißen Podsol-, einer oft mächtigen Ortstein enthaltenden schwarzbraunen und einer gelblichbraunen Schicht bestehen, gelang es mir festzustellen, dass bei der Versumpfung dieser Böden in der Rohhumusschicht Nester von Sphagnumtorf erscheinen und der Boden sich später mit einer Torfschicht bedeckt. An der Grenze der grauweißen und der schwarzbraunen Schicht entsteht eine dunkle Schicht, die die grauweiße und die schwarzbraune Schicht allmählich verdrängt. Die schwarzbraune Schicht ist reich, die dunkle Schicht dagegen arm an Humus, Fe_2O_3 und Al_2O_3 (Abb. 29). Parallel zerfällt der Ortstein, der aus dem Boden endlich verschwindet (Markus 1925 b). Deswegen sind in den versumpfenden Gebieten zwei Arten des Podsolmoorbodens verbreitet (Markus 1929, S. 54 u. 55): die eine ist mit Torf bedeckt und enthält zwischen der Podsol- und der schwarzbraunen Schicht eine dunkle Abteilung, während die andere aus einer Torf- und einer dunklen Schicht besteht, in der auch Spuren der Podsol- und der schwarzbraunen Schicht vorhanden sind. Diese Tatsachen werden auch durch die

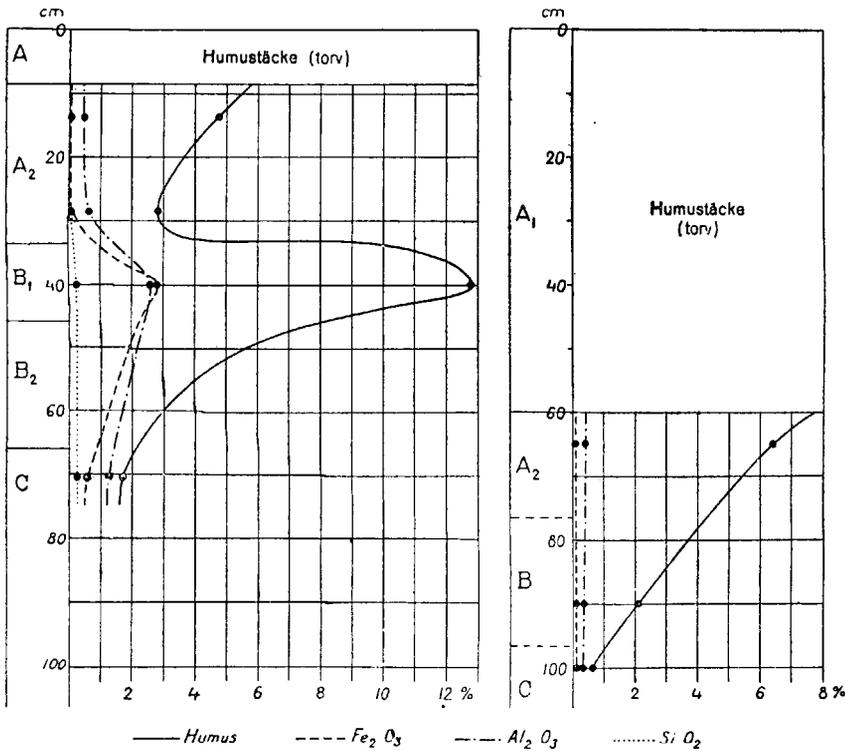


Abb. 29. Der Gehalt an kolloiden Stoffen in Podsolmoorböden (Tamm 1931).

Rechts — stark versumpfter Boden. A₁, A₂, B₁, B₂ — Bodenschichten. Torv — Torf.

chemischen Untersuchungen der Böden in Schweden bestätigt. Tamm (Tamm 1931, S. 369) behandelt Humuspodsole, die aus mächtigem undurchlässigem Torf und einer 35–50 cm mächtigen, schmutzig-graubraunen Schicht bestehen, wobei die letztgenannte Schicht in vielen Fällen sich in eine obere Schicht A₂ und eine untere Schicht B gliedern lässt. Tamm zeigt weiter (S. 369), dass die Podsolierung unter undurchlässigem Torf nicht vor sich gehen kann und darum beendet ist. Die besprochenen Böden sind „subfossile“ Podsole, die während einer früheren Epoche, bevor der Torf mächtig und undurchlässig geworden war, sich ausbildeten.

Wenn nun in einem Gebiet in einem Podsolmoorboden zwischen der Podsol- und der schwarzbraunen Schicht eine dunkle Abteilung gefunden wird, so kann

dies als Kennzeichen des Vordringens des Moores in den Wald betrachtet werden.

Bei der Untersuchung der Schwarzerde können wir den Charakter ihrer Veränderung nach zwei Richtungen verfolgen (Tab. 36).

Beim Vordringen des Waldes in die Steppe erscheint in der oberen Schicht der Schwarzerde eine graue Farbe, wobei in den tieferen Teilen des Bodens sich eine dunkle Schicht erhält (Wityn 1924). Beim Vorrücken der Steppe in den Wald dagegen entsteht ein Boden, worin die frühere rostbraune Schicht des Podsolbodens sich mit einer humusreichen Schicht bedeckt (Florov 1927, S. 219). So zeugt eine aus der Humus-, der grauen und der dunklen Schicht bestehende Schwarzerde von einer Grenzverschiebung zwischen Wald und Steppe in der Richtung der letzteren; Böden mit einer humusreichen und einer rostbraunen Schicht aber sind Merkmale einer Grenzverschiebung in der entgegengesetzten Richtung.

Durch die Konnexion (Sauramo 1920, S. 9) bestimmt man, ob zwei Glieder von zwei verschiedenen Naturkomplexen gleichzeitig gebildet worden sind, oder welcher von ihnen früher entstanden ist.

Man benutzt dabei Dinge, die in verschiedenen Gliedern der Naturkomplexe vorkommen und sich dem Gesetze der Evolution unterordnen: wenn die zu untersuchenden Glieder zweier Naturkomplexe identische Dinge enthalten, so sind sie gleichzeitig entstanden. So wird die Synchronität geologischer Ablagerungen durch Untersuchungen von Leitfossilien, Artefakten u. a. festgestellt.

Weiter zieht man diejenigen Dinge in Betracht, die sich bei den Schwankungen der Existenzbedingungen der Naturkomplexe verändern. In den Quellmooren von Alvastra und Kärna (Post 1916) wurde folgendes Bild beobachtet (Tab. 25).

Bei der Parallelisierung der Existenzbedingungen der genannten Quellmoore stellen wir fest, dass der Seekalk von Alvastra und der unterste Kalktuff von Kärna synchrone Bildungen darstellen. In ähnlicher Weise behandelt man die Synchronität glazialer und interglazialer Ablagerungen usw.

Bedeutende Fortschritte werden durch Untersuchungen der Eigenschaften solcher Dinge gemacht, die sich bei der Veränderung der Existenzbedingungen der Naturkomplexe verändern. Zur Zeit der Bildung des Bändertones lagerte sich im Som-

Tab. 25. Parallelisierung der Existenzbedingungen
(Post 1916).

Alvastra		Zeit		Kärna	
Schichten	Existenzbedingungen	Merkmale	Bezeichnung	Existenzbedingungen	Schichten
Kalktuff (unterste Schicht)	Bestimmte Existenzbedingungen	trocken	Ancylus-Maximum		
Seekalk	Die Zeit war feuchter als früher	feucht	atlantische Zeit	Bestimmte Existenzbedingungen	Kalktuff
Gladium-Phragmites-Torf	Die Zeit war trockener als bei der Bildung von Seekalk	trocken	subboreale Zeit	Die Zeit war trockener als früher	Sumpftorf
		feucht	subatlantische Zeit	Die Zeit war feuchter als bei der Bildung des Sumpftorfes	Kalktuff

mer Sand, im Winter Ton ab, wobei in wärmeren Zeiten mächtigere und in kälteren schmalere Bänder entstanden. Auf Grund der Reihung und Mächtigkeit der Schichten des Bändertones konstruiert man nach der Methode De Geers (De Geer 1924) Diagramme, die die Jahresschichten verschiedener Orte verbinden lassen. Ebenso ermöglicht die pollenanalytische Methode von Post (Post 1924) synchrone Glieder verschiedener Moore festzustellen.

Bei der Anwendung der historischen Methode verwenden wir Aufzeichnungen des Menschen, Urkunden u. dgl., die die Entstehungszeit verschiedener Naturkomplexe und ihrer Glieder feststellen lassen.

Die geologische Zeit wird mit der historischen durch Untersuchungen von Artefakten verbunden, die in bestimmten geologischen Ablagerungen gefunden werden (Ramström 1927, S. 9, Hofmann 1929, Beck 1930, S. 42—54).

Durch die Anwendung der beschriebenen Methoden gelingt es uns oft, die geschichtliche Reihenfolge der Entstehung von

Gliedern grosser Landschaften, wie der Waldzone von Nordeuropa (Erdtman 1928, Woodhead 1928) oder der Kara-Kum-Wüste, festzustellen. Dies veranschaulicht die Tabelle 26.

Tab. 26. Formengeschichte der Sandwüsten der Turanischen Niederung (Schultz 1929).

Gegenwart: örtliche Wüstenbildung durch den Menschen (Barchane, Grassteppe).

Subatlantisch: Festlegung der Sande — Hügelnde, Sandsteppe.

Subboreal: jüngste Wüstenbildung — Löss, Barchanreihen, Hügelnde.

Atlantisch: Festlegung — Reihensande.

Boreal und Übergang zur Eiszeit: Urwüste — Urbarchane.

3. Fremde Glieder.

In Finnland befindet sich der See Puula (Hellaakoski 1929), in welchem bei Herräsniemi, in einer Entfernung von 100 m von dem Ufer, in einer Tiefe von 6 m Torf liegt (Abb. 30). Es ist klar, dass dieser Torf nicht am Boden des Sees entstanden ist, dass er zu einem Moore gehört, dass der Torf bei seiner Ablagerung ausserhalb der Grenzen des Sees lag (Abb. 30).

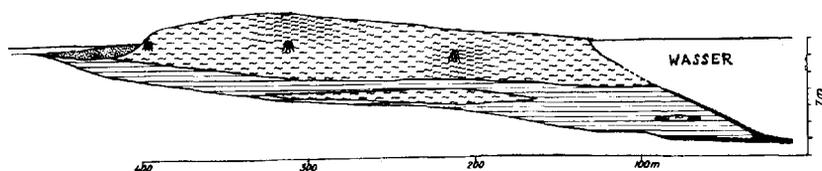


Abb. 30. Puulavesi bei Herräsniemi (Hellaakoski 1929).

-  Sphagnumtorf.
-  Carex-torf.
-  Limnische Ablagerungen.
-  Mudde.
-  Stubbens.

Wir betrachten die Bedingungen einer bestimmter Landschaft. Wenn vor uns dabei ein Glied liegt, das unter den vorliegenden

Tab. 27. Fremdes Glied:
Puulasee bei Herräsniemi.

Glieder des Naturkomplexes	Entstehungszeit der Glieder	Die zu behandelnden Bedingungen		Verschiebungsrichtung des Naturkomplexes
		See	Moor	
Wasserschicht	Später entstanden	Normales Glied	Fremdes Glied	Vordringen des Sees, Zurückweichen des Moores
Torf	Früher entstanden	Fremdes Glied	Normales Glied	

Bedingungen nicht entstehen konnte, so nennen wir es ein fremdes Glied: es ist fremd bezüglich seines Verhältnisses zu den vorliegenden Bedingungen. Der Torf in Herräsniemi ist dem See von Puulavesi fremd. Die Wasserschicht, die den Torf bedeckt, soll dagegen als ein fremdes Glied für das Moor betrachtet werden (Tab. 27).

Der Begriff des fremden Gliedes fällt nicht mit dem Begriff der Vorzeitformen zusammen (Passarge 1920, S. 101), denn ein fremdes Glied kann sowohl früher (Torf unter dem Wasser eines Sees) als auch später (Wasserschicht, die den Torf eines Moores bedeckt) entstehen als die anderen, für die vorliegenden Bedingungen normalen Glieder eines Naturkomplexes.

Da das fremde Glied unter den uns interessierenden Bedingungen nicht entstanden ist, so lässt es bei der Untersuchung der Entwicklung von Naturkomplexen das Faktum der Veränderung von Bedingungen feststellen, die in einem Naturkomplex vor sich gegangen ist. Durch die Anwendung der Methoden, die die zeitliche Aufeinanderfolge der Bildung von fremden und normalen Gliedern zu bestimmen ermöglichen, erfasst man ferner auch die Richtung der Veränderung des Naturkomplexes. Der Torf und die ihn bedeckende Wasserschicht sind in geschichtlicher Reihenfolge gebildet, und der See ist in der Richtung des Moores vorgerückt. Aus der Analyse kuppiger Sandhügel der Dünenlandschaft von Vilo (Abb. 3, Tab. 2) geht folgendes hervor: Der podsolierte Sandboden (Abb. 3), der zwischen der oberen und der unteren Sandschicht des Hügels liegt, stellt ein fremdes Glied dieses Hügels dar, denn er kann nur auf der Erdoberfläche und nicht

unter dem Sande entstehen. Dies zeigt, dass an Stelle des zu besprechenden Hügels früher eine normale Heide vorhanden war, und dass die Heide später durch Dünensand verdrängt wurde. Ein podsolierter Sandboden bildet in einer Heide gewöhnlich eine lückenlose Decke, im Sandhügel aber ist der Boden von allen Seiten schroff abgeschnitten. Man kommt zu der Schlussfolgerung, dass im Gebiete der Dünenlandschaft früher ein Ganzes vorhanden war, von welchem der Sandhügel abgetrennt wurde.

Es ist wichtig, die Entstehungsbedingungen fremder Glieder zu untersuchen und die Kennzeichen ihrer Entstehung zur Analyse der Entwicklung von Landschaften zu verwenden.

Zu den wichtigsten Klimazeugnissen gehören Salz und Gips, die als Zeichen eines trockenen Wüstenklimas gelten dürfen (Dacqué 1932, S. 623). Das Steinsalz entsteht in Trockengebieten durch Verdunsten von Seewasser. In den meisten Fällen handelt es sich um grössere Überschwemmungen des Festlandes, die durch Bodenbewegungen vom offenen Meere abgesperrt werden. Da die Verdunstung gegenüber den Niederschlägen überwiegt, so wird zunächst das Areal der Überschwemmung durch Austrocknung immer kleiner und dabei die Salzlösung immer konzentrierter, bis schliesslich auf immer kleiner werdendem Raume die Ausscheidung des Salzes vor sich geht. Zuerst scheidet sich Gips aus, dann das Steinsalz, und erst bei sehr scharfer Austrocknung auch die leichtzerfliessenden Kalisalze. Da die Gipsausscheidung in einem früheren Stadium stattfindet, wenn das Wasser noch grössere Gebiete bedeckt, so sind die Gipsablagerungen sehr verbreitet, indem sie gleichförmig grosse Gebiete bedecken, während die Salzstöcke örtlich beschränkt in sie eingestreut sind.

Wenn wir nun die Miozänablagerungen untersuchen, so finden wir im südwestlichen Europa, in Kleinasien und Nordafrika, d. h. im Gebiete des Schwarzen und Mittelmeers, Ablagerungen von Gips und Salz, die die Verbreitung der Wüsten im Miozän ziemlich genau zu verfolgen ermöglichen (Köppen-Wegener 1924 S. 116, Abb. 15).

4. Ökogener Entwicklungsgang.

Durch die Analyse der Landschaft zerlegt man den zu untersuchenden Naturkomplex in seine Bestandteile und richtet seine

Aufmerksamkeit auf die Entstehung der Glieder der Landschaft. Man vergleicht dabei diese Glieder mit den ihnen entsprechenden anderen Objekten, die sich heute im Entstehungsstadium befinden, und deren Entstehungsbedingungen sich feststellen lassen.

Als Hauptglieder des Quellmoores von Alvastra (Post 1916) z. B. erscheinen Kalktuff, Seekalk, Cladium-Phragmitestorf und Magnocaricetumtorf. Ausserdem bilden wichtige Glieder des Quellmoores Moosdy und Wiesenalk (Tab. 28, Abb. 31 u. 32).

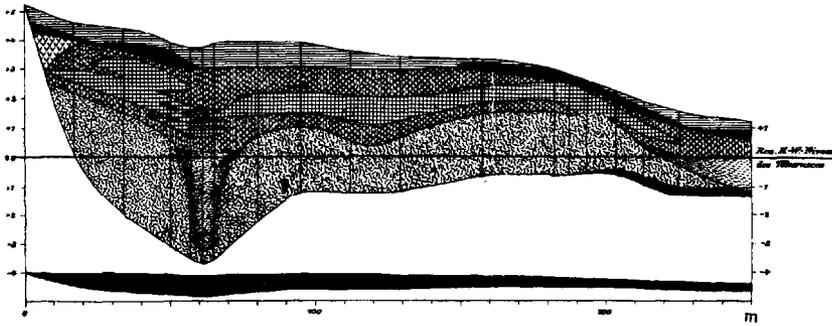


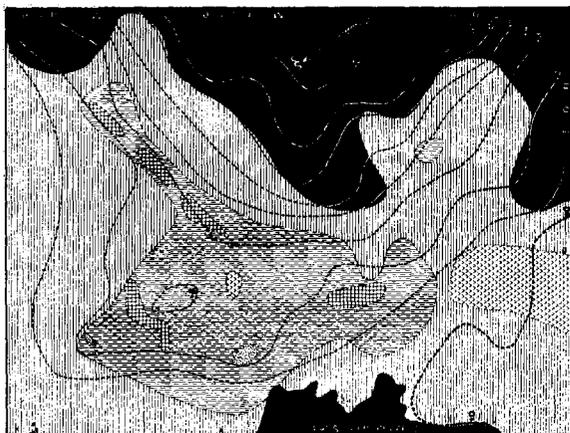
Abb. 31. Profil durch das Alvastraer Quellmoor (Post 1916).

-  Parvocaricetumtorf.
-  Magnocaricetumtorf.
-  Cladium-Phragmitestorf.
-  Bruchwaldtorf.
-  Moosdy.
-  Wiesenalk.
-  Seekalk.
-  Kalktuff.

Der Kalktuff bildet eine ca. 4 m mächtige Decke auf der Mineralunterlage und besteht meistens aus einem erdigen Tuffsand oder Tuffkies. Der hiesige Tuffsand dürfte ein Verwitterungsprodukt des Kalktuffes sein, das sich jedoch ziemlich primär ausgebildet hat. Auch führt der Tuffkies echte Landschnecken und ist

Tab. 28. Ökogener Entwicklungsgang:
Quellmoor von Alvastra.

		Bedingungen	Folgerscheinungen	
Grundelemente		1. Quelle	Erscheinen grosser Mengen von Grundwasser im Gebiete des Moores, Ablagerung des Kalktuffes und der Moosdy aus dem Quellwasser	
		2. Geologischer Untergrund: Moränenlehm, der CaCO_3 enthält	Auslaugung des kohlensauren Kalkes aus dem Untergrunde	
		3. Relief des Untergrundes: Halbkuppel	Charakter der Bewegung des Quellwassers. Bedecktwerden des Mooregebietes mit Wasser. Bildung einer Bachrinne	
		4. See: Täkern	Verfeuchtung des Quellgebietes beim Steigen des Seeniveaus u. Ablagerung des Seekalkes	
		5. Klima	trockene boreale Zeit	Ablagerung des Kalktuffes aus dem Seewasser
			feuchte atlantische Zeit	Steigen des Seeniveaus von Täkern. Entwicklung des Moores unter dem Einflusse des Sees. Bildung des Seekalkes u. Ablagerung grosser Mengen von Seedy aus reichlichem Quellwasser
			trockene subboreale Zeit	Fallen des Seeniveaus von Täkern. Beschränkung der Wasserzufuhr auf kleine Flecken und Bildung des Cladium-Phragmitestorfes
		feuchte subatlantische Zeit	Bildung des Wiesenkalkes um die Austrittstellen der subborealen Quellen	
		6. Der Mensch	Gründung eines Steinzeitdorfes in atlantischer Zeit, Erbauung zweier eisenzeitlicher Wege in subatlantischer Zeit, Entwässerung des Moores in rezenter Zeit	
Ökogener Entwicklungsgang	Bedingungen, die Veränderungen d. Quellmoores als eines Ganzen hervorrufen	Klima Wechsel trockener und feuchter Zeiten	Bildung der drei Hauptglieder des Quellmoores: des Kalktuffes, des Seekalkes und des Cladium-Phragmitestorfes	
		Der Mensch	Entwässerung des Moores	
	Bedingungen, die lokale Veränderungen des Quellmoores hervorrufen	Der Mensch	Gründung eines Steinzeitdorfes und Erbauung zweier eisenzeitlicher Wege	
		Quelle	Bildung des Wiesenkalkes um die Austrittstellen der subborealen Quellen	
	Einflussbestimmter Grundelemente auf andere Grundelemente	Klima	Steigen und Fallen des Seeniveaus von Täkern. Zu- und Abnahme des Quellwassers	
Autogener Entwicklungsgang	Vorhandensein des Cladium-Phragmitestorfes mit seinen Existenzbedingungen		Bedecktwerden des Cladium-Phragmitestorfes in feuchter subatlantischer Zeit mit Magnocariceta	



b) Trockene subboreale Zeit:
Bedeckwerden des Moores mit *Cladium-Phragmitestorf*.
Bezeichnungen — s. Abb. 31.
— 1, 0, + 1, + 2 — Höhenkurven (m) (0 — rezentes Hochwasserniveau des Tägerensees).



a) Feuchte atlantische Zeit:
Entwicklung des Quellmoores unter dem Einflusse des Tägerensees, Ablagerung des Seekalkes (schwarz — Steinzeitdorf).

stellenweise von Torfmoderschichten durchzogen. Bei der Untersuchung der Entstehungsbedingungen des Kalktuffes ergibt sich, dass der Kalktuff gegenwärtig vom Wasser der Quellen abgelagert wird.

Der Seekalk ist reich an Rhizomen von *Phragmites* und *Cladium*, und seine Fauna mit ihren limnischen Elementen bestätigt, dass der Seekalk eine beträchtliche Verfeuchtung des Quellgebietes anzeigt.

Der Cladium-Phragmitestorf entspricht einem fast vollständigen Verwachsen des Quellgebietes, wo die Wasserzufuhr auf ganz kleine Flecken beschränkt war. Der Cladium-Phragmitestorf wird bei der weiteren Entwicklung eines Moores durch Magnocaricetumtorf ersetzt. Die Moosdy besteht aus Blättern eines Moores und wurde in den Bachrinnen der Quelle abgelagert, während der Wiesenkalk eine limnische Bildung ist.

Nach der Untersuchung der einzelnen Glieder versuchen wir den Entwicklungsgang des aus ihnen zusammengesetzten Ganzen darzustellen.

Am Anfang existierten in Alvastra Quellen, und aus ihrem Wasser wurden Kalktuff und Moosdy abgelagert. Dann wurde das Untersuchungsgebiet feuchter, und der Kalktuff bedeckte sich mit Seekalk. Das Gebiet wurde wieder trockener, und das Moor wurde von Torf eingenommen. Der Wiesenkalk bezeichnet eine das zweite Mal sich wiederholende Verfeuchtung einiger Stellen des Quellmoores.

Um die Ursachen der Veränderung eines Naturkomplexes zu erörtern, stellt man seine Grundelemente, d. h. jene Grundbedingungen auf, die für den Charakter dieses Naturkomplexes bestimmend sind (Tab. 29).

Im Quellmoore von Alvastra können wir folgende Grundelemente unterscheiden.

Tab. 29. Grundelemente der Landschaft.

Landschaft	Grundbedingungen	Folgeerscheinungen
Moor : Junges Moor von Selgus	Konkave Erdoberfläche: flache Einsenkung Wasserdichter Untergrund: Moränenlehm Gemäßigtes, genügend feuchtes Klima	Hohes Grundwasser- niveau Sphagnumdecke Torf
Deltalandschaft der Wüste : Lobwüste	Abschnitt der Wüste: Wüstenklima Ein in die Wüste ein- mündender Fluss: der Tarim	Entstehung von Seen in der Wüste Auftreten von Bäumen Bildung von Siedlungen

Das ganze Moor hängt von der Quelle ab, die grosse Mengen von Grundwasser ins Gebiet des Moores bringt und die Entstehung des Quellmoores hervorruft. Unter dem Einfluss kräftiger Verdampfung wurde aus dem Quellwasser Kalktuff abgelagert. Bei der Vergrößerung der Wassermenge bildete sich Seekalk. In der Bachrinne der Quelle wurde Moosdy abgesetzt.

Der geologische Untergrund des Moores besteht aus Moränenlehm, der einen wasserdichten Boden des Moores bildet. Der geologische Untergrund enthält kohlen sauren Kalk, der vom Quellwasser ausgelaugt und im Gebiet des Moores abgelagert wird.

Das Relief des Untergrundes erscheint als Halbkuppe, deren Abhänge flach nach N, NW, W und SW fallen. Das Relief bestimmt den Charakter der Bewegung des Wassers, bedingt die Bildung der Bachrinne und das Bedecktwerden des Mooregebietes mit Wasser.

Das zu untersuchende Quellmoor liegt am Rande des Täkern-Beckens. Dieser See berührte früher das Quellmoor. Bei der Bildung von Kalktuff lag das Niveau des Täkern-Sees ungefähr 4 m unter der rezenten Hochwasserlinie, und das Quellmoor befand sich ausserhalb der Grenzen des Sees. Später erfolgte ein Steigen des Seeniveaus, eine beträchtliche Verfeuchtung des Quellgebiets und die Ablagerung des Seekalkes. Dann begann ein neues Fallen des Seeniveaus, und der See wich weit vom Moore zurück.

Einen besonders starken Einfluss auf das Quellmoor übt das Klima aus. Bei der Entstehung des Quellmoores herrschte eine trockene (boreale) Zeit, das Niveau des Täkern-Sees lag tief, die Quelle wurde vom See nicht beeinflusst, und aus dem Quellwasser wurde Kalktuff abgelagert. Dann begann eine feuchte (atlantische) Zeit, das Seeniveau von Täkern stieg, das Quellmoor entwickelte sich unter dem Einfluss des Sees, im Moore bildete sich Seekalk, und die aus reichlichem Quellwasser abgelagerte Moosdy bedeckte weite Gebiete. In trockener subborealer Zeit fällt das Niveau des Täkern-Sees, die Wasserzufuhr beschränkt sich auf kleine Flecken, und im Moore bildet sich Cladium-Phragmitestorf. In subatlantischer Zeit bekleidet sich die ganze Moorfläche mit *Magnocari-ceta*, und um die Austrittstellen der subborealen Quellen bildet sich Wiesenkalk. So hat das Klima die Vegetation und den Boden des Quellmoores und sogar seine Grundelemente (Schwankungen des Seeniveaus und der Wassermenge der Quelle) beeinflusst.

Der Mensch gründete im Quellmoor von Alvastra in atlantischer Zeit ein Steinzeitdorf mit Feuerherden, erbaute in subatlantischer Zeit zwei eisenzeitliche Wege, und in rezenter Zeit entwässerte er das Quellmoor.

So haben den Charakter des Quellmoores von Alvastra sein topographisches (Halbkuppe), sein lithologisches (wasserdichter Moränenlehm, kohlenaurer Kalk), sein hydrologisches (Quelle, See), sein klimatisches (Schwankungen des Klimas) und sein anthropologisches Element (Entwässerung) bestimmt.

Für die Untersuchung der Entwicklung der Moore hat v. Post eine spezielle — die pollenanalytische Methode aufgestellt, und seine Pollendiagramme (Post 1924) sind zu den wichtigsten Hilfsmitteln der vergleichenden Methode geworden. Man bestimmt den Prozentsatz der in verschiedenen Tiefen des Moores enthaltenen Pollen der Bäume und konstruiert ein Diagramm, worin auf die horizontale Achse die Pollenprozente und auf die vertikale — die Tiefen des Moores aufgetragen werden. Solche Diagramme zeigen, dass der Pollenprozent einiger Bäume (Erle, Eiche u. a.) mit der Tiefe des Moores regelmässig ab- oder zunimmt.

Entsprechende Untersuchungen werden in weitem Massstabe in verschiedenen Ländern durchgeführt, wobei alle Pollendiagramme Nordeuropas eine charakteristische Regelmässigkeit aufweisen und so in der Entwicklung der Moore eine warme und trockene boreale, eine warme und feuchte atlantische, eine warme und trockene subboreale und eine kalte und feuchte subatlantische Zeit unterscheiden lassen.

Ebenso haben die Entwicklung des Quellmoores von Alvastra die Veränderungen eines seiner Grundelemente — des Klimas — beeinflusst, weshalb wir sagen, dass dieses Quellmoor einen klimatischen Entwicklungsgang durchgemacht hat.

Die Entwicklung der Seen von Finnland hängt von der ungleichmässigen Landhebung ab: im nordwestlichen Teil der Seengruppe von Puula ist das Land in den letzten 10 Jahrtausenden um 15—20 m mehr gestiegen als im südwestlichen Teil dieser Seengruppe (Hellaakoski 1929).

In die Karte 33 sind drei Betten eingetragen (I, II, III), durch die der Ausfluss der Puula-Seengruppe stattfand. Um 7500 v. Chr. beginnt die sogenannte Tammipuula-Phase der Seengruppe, während welcher der Ausfluss durch das Bett I stattfand, das ca. 20 km nördlich von dem Bette II lag. Um 6400 v. Chr. beginnt

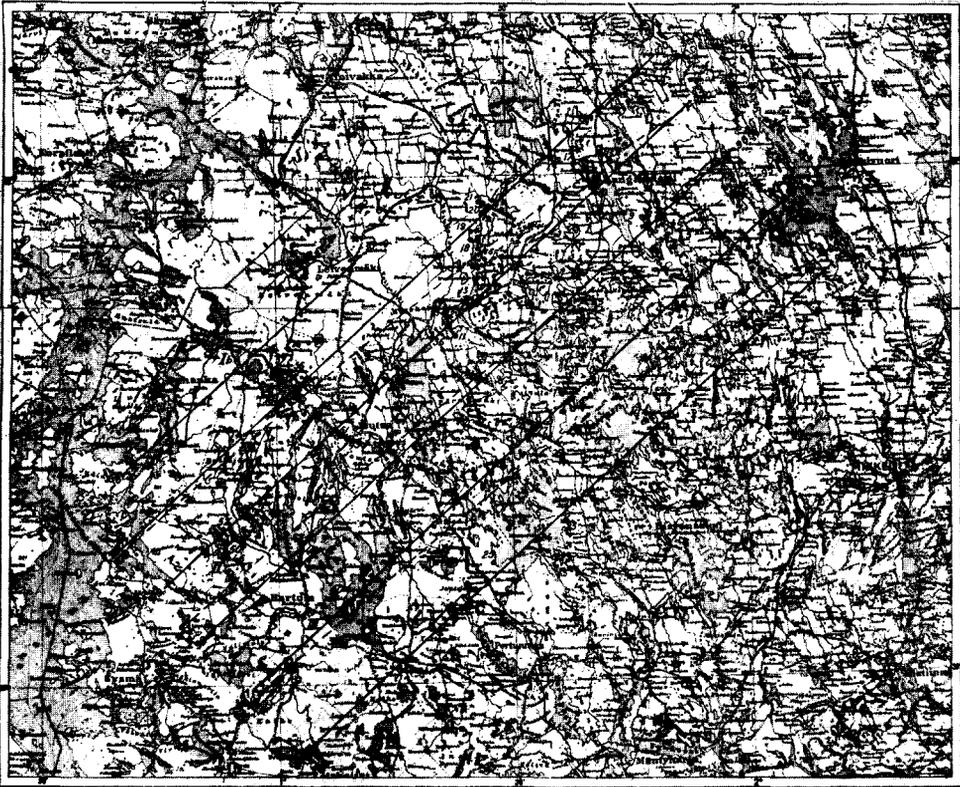


Abb. 33. Die Umgebung des Puulasees (Puulavesi) (Hellaakoski 1929).
Ia, Ib — Bett I, II — Bett II, III — Bett III. 90 m, 95 m, 96 m — Isobasen.

die Tammipuula-Vannipuula-Bifurkation: am Anfang geht der Hauptausfluss durch das Bett I, und die Bifurkation durch das Bett II nimmt zu. Vom Jahre 5300 v. Chr. an findet der Hauptausfluss schon durch das Bett II statt, und um 4800—4400 v. Chr. wird das Bett I schliesslich trocken. Zur Zeit der Bifurkation geht infolge der ungleichmässigen Landhebung am südöstlichen Rande des Gebietes eine Transgression vor sich, nachdem im Nordwesten eine Regression begonnen hatte.

Von den ehemaligen Strandlinien ist die am deutlichsten ausgeprägte, einheitlichste und ausgedehnteste die der Vannipuula-Phase (von 4800—4400 bis 3500—3100 v. Chr.), während welcher der Ausfluss der Seengruppe durch das Bett II vor sich ging und die Transgression im Südosten und die Regression im Nordwesten

fortdauerte. Die Vannipuula-Phase hört mit dem Durchbruch des Bettes III auf.

In der Puula-Seengruppe beobachten wir die Veränderung eines ihrer Grundelemente — des Reliefs des Seebodens, eine unregelmässige Landhebung (Abb. 33). Dementsprechend sagen wir, dass diese Seengruppe einen topogenen Entwicklungsgang durchmacht.

Die Strandlinie charakterisiert sich durch ihre Horizontalität. Infolgedessen genügt es, nur wenige Punkte einer ehemaligen Grenzlinie des Sees aufzusuchen und dann die ganze Strandlinie nach den Isohypsen auf der Karte zu verzeichnen. In den Gebieten, wo die Erdoberfläche unregelmässig steigt, verbiegen sich die ehemaligen Strandlinien, welche Erscheinung der Aufstellung einer speziellen Methode — der Verwertung von Diagrammen deformierter Strandflächen — zugrunde gelegt worden ist (Sandegren 1916, Karte der Niveauveränderungen des Hornborgasees; Ramsay 1931, S. 13, Diagramme der deformierten Strandlinien in Estland).

Diese Methode hat eine ebenso wichtige Rolle bei der Untersuchung der Gewässer Nordeuropas gespielt wie die pollenanalytische Methode bei der Erforschung der Moore. Durch Verbindung beider genannten Methoden behandelt man mit Erfolg in den letzten zwei Jahrzehnten die Entwicklungsgeschichte fennoskandischer Seen (Hellaakoski 1922, Auer 1924 u. 1925, Aario 1932, 1933, 1935 u. a.).

Wenn die Veränderung eines Naturkomplexes durch die Veränderung eines seiner Grundelemente hervorgerufen wird, so macht dieser Naturkomplex einen ökogenen Entwicklungsgang durch (Sukatschew 1926, S. 208; Markus 1932, S. 22). Nach dem sich verändernden Grundelement kann der Entwicklungsgang eines Naturkomplexes, wie wir eben gesehen haben, klimatisch, topogen usw. sein. Wenn ein Fluss sein Bett verändert und dabei einen Wald überflutet, so können wir den überfluteten Wald als ein abgrenzbares Ganzes betrachten, wo neue hydrologische Bedingungen ein bestimmtes Grundelement bilden: bei der Transgression beginnt im Walde sein hydrogener Entwicklungsgang. Ein biogener Entwicklungsgang wird da beobachtet, wo Termiten ihre Bauten errichten (Savannen von Afrika), oder wo die Kiefernwälder durch die vordringende Fichte verdrängt werden

(Südkandinavien) usw. Eine anthropogene Entwicklung wird in entwässerten Mooren, Kulturoasen usw. beobachtet.

Die Untersuchung der Entwicklung der Kulturlandschaften ermöglicht uns neben den kausalen Faktoren parallel auch die Bedeutung teleologischer Ideen im Rahmen der Kausalität zu verfolgen.

In Essen (Ziegler 1929) geht ein industrieller Entwicklungsgang vor sich, dessen Charakter durch die kausalen Bedingungen vorbedingt wurde. Das Ruhrgebiet ist reich an Kohle. Die Erfindung der Dampfmaschine und andere Fortschritte der Technik riefen in Essen einen ungeahnten Aufschwung der Industrie hervor. Die Industrie bildete eine Grundbedingung der weiteren Entwicklung der Stadt. Die Bevölkerungszahl begann rasch zu wachsen, und Essen wurde im Laufe eines Jahrhunderts aus einer kleinen mittelalterlichen Gewerbestadt zu einer Halb-millionenstadt. Hier findet eine Massenverhüttung von Erzen statt; hier befinden sich die grossen Kruppschen Werke usw.

Die Bedeutung der Teleologie tritt besonders klar in der Anlage der Stadt zutage. In der ganzen Anlage von Essen sehen wir die Wichtigkeit des Einflusses des einen industriellen Entwicklungsgang hervorrufenden Grundelements — der Industrie. In Essen überwiegen südwestliche Winde, die den Qualm der Fabriken von Südwesten nach Nordosten treiben. Nach dem Prinzip der Zweckmässigkeit wurde deshalb im südwestlichen Teil von Essen eine Wohnstadt errichtet, die aus Wohnhäusern und Gärten besteht, und der die Winde nur selten den Qualm der Fabriken zuführen. Die Industriestadt dagegen bildet den nordöstlichen Teil von Essen.

Jedes Glied der Grossstadt hat bestimmte Funktionen und muss sich daher spezialisieren. Die Geschäftsstadt, die am Tage von einer grossen Menge tätiger Menschen besucht wird, muss im zentralen Teil der Stadt liegen, wo sie leicht erreichbar ist: hier entsteht eine City. Die zu der letzteren nicht gehörenden Elemente beginnen zu degenerieren: die Wohnungen werden in Geschäftshäuser umgewandelt; die Bewohner verlassen die Geschäftsstadt; die Zahl der Gärten nimmt ab. Die Merkmale der City prägen sich allmählich zu einer bestimmten Form aus: in der City konzentriert sich das Geschäftsleben. Es werden hier gewaltige Geschäftshäuser gebaut. In der City finden wir hauptsächlich Kontore und Geschäfte. In Grossstädten gibt es Geschäftsstädte, die ihr Reifestadium erreicht haben: der letzte Bewohner verliess die City von Essen im Sommer 1928 (Ziegler 1929).

5. Autogener Entwicklungsgang.

Wenn im gemässigten Klimagebiet eine flache Einsenkung vorhanden und ihr ein wasserdichtes Gestein unterlagert ist (Tab. 29), so sammelt sich in dieser Einsenkung das Wasser, hier entsteht ein Niedermoor, das sich allmählich in ein Hochmoor verwandelt. Die Grundelemente des Moores — das Klima, das Relief und der geologische Untergrund bleiben dabei unverändert oder werden nur wenig von den anderen Elementen beeinflusst, während die abhängigen Elemente sich den Grundelementen anzupassen streben. Man sagt, dass das Moor einen autogenen Entwicklungsgang durchmacht (Sukatschew 1926, Markus 1932).

An der Ostseite des Kaspisees liegt ein flaches Haff — der Busen von Karabugas oder Adschidarja (Andrusow 1916), der 18000 qkm gross ist und eine Tiefe von nur bis 12,7 m erreicht. Mit dem Kaspisee ist der Karabugasbusen durch die schmale Strasse von Karabugas verbunden, die $5\frac{1}{2}$ km lang und $\frac{1}{4}$ —2 km breit ist, und deren Tiefe zuweilen $1\frac{1}{2}$ m nicht übersteigt. Die Bildung der Nehrungen begann schon in aralokaspischer Zeit; doch beginnen sie erst in jüngster Zeit infolge des Fallens des Seespiegels des Kaspisees aus dem Wasser hervorzuragen (Lebedew 1932, S. 93).

Im Entwicklungsgange von Karabugas spielen eine wichtige Rolle zwei Grundfaktoren: das Wüstenklima und die Verbindung des fast von allen Seiten von Land umgebenen Busens mit einem grossen Wasserbecken (Tab. 30).

Der Karabugas befindet sich in einem ausserordentlich trockenen Klimagebiet, wo eine starke Wasserverdunstung vor sich geht. Infolgedessen liegt der Seespiegel im Karabugas niedriger als im Kaspi, und aus dem Kaspisee strömt Wasser beständig durch die Strasse von Karabugas in den Busen. Da der Querschnitt der Strasse und die Geschwindigkeit des Wassers in ihr (im Mittel 0,9 m in einer Sekunde im Juni) bekannt sind, so kann man leicht bestimmen, dass im Juni in einer Sekunde 646 Kubikmeter aus dem Kaspi in den Karabugas strömen.

Der Prozentsatz der Salze im Kaspi, in der Nähe der Mündung der Karabugasstrasse, beträgt 1,27%, weshalb dem Kaspisee alljährlich etwa 8 Mill. Zentner Salz entzogen werden (Kayser 1921, S. 504): Infolge der Einführung der Salze aus dem Kaspisee

Tab. 30. Autogener Entwicklungsgang:
Karabugas.

Grundfaktoren		Wüstenklima : grosses Sättigungsdefizit	Verbindung des Karabugas mit einem grossen Wasserbecken : grosse Wasser- und Salz- mengen im Kaspisee
Folgerscheinungen	Autogen bedingte Kausalreihe	Starke Wasserverdunstung Differenz der Seespiegel im Kaspisee und im Karabugas Einströmen des Wassers aus dem Kaspisee in den Karabugas Vergrösserung der Konzentration der Salze im Karabugas Ausscheidung der Salze Bildung von Salzlagern	

enthält das Wasser des Karabugas an der Oberfläche 16—18% und am Boden sogar 18—22½% Salze. Da das Meerwasser eine sehr wenig konzentrierte Lösung darstellt, so müsste aus dem Kaspisee eine Wassermenge einströmen, die 20 mal den Inhalt des Karabugasbusens übersteigt, um die heutige Konzentration des Karabugas zu erreichen.

Der Karabugas ist ein werdendes Salzlager. Sein Wasser enthält :

NaCl	8,6 bis 9,7%
MgCl ₂	4,7 „ 5,2%
Na ₂ SO ₄	4,0 „ 4,9%
KCl	0,2%
CaSO ₄	0,05 „ 0,07%

Im zentralen Teil von Karabugas, an seinem Boden, werden Schichten von Glaubersalz Na₂SO₄ · 10 H₂O festgestellt, das aus dem konzentrierten Wasser abgesetzt wird. Da die Lösung des Karabugas bei 18° nicht gesättigt ist und erst bei 5,5° Kristalle des Glaubersalzes sich auszuschcheiden beginnen, während die Temperatur des Oberflächenwassers im Juni 25,8° erreicht, so geht die Bildung von Na₂SO₄ · 10 H₂O nur in den kalten Monaten (Januar bis April) vor sich.

Das Glaubersalz bildet die Grundlage eines wichtigen Zwei-

ges der russischen chemischen Industrie (Klimowskich 1930), denn seine Vorräte sind gross.

Wenn wir das Wüstenklima von Turan und die Verbindung des Karabugasbusens mit dem Kaspisee als unverändert betrachten, so geht im Karabugas eine autogene Entwicklung vor sich. Die genannten Grundbedingungen bedingen die Wasserverdunstung des Karabugas, das Einströmen des Kaspiwassers in den Karabugas, die Vergrösserung der Konzentration der Salze in diesem Busen und die Absetzung von Glaubersalz.

Der autogene Entwicklungsgang des Karabugas bedingt den Charakter des ganzen Lebens dieses Busens. Tausende von Fischen (*Clupea*, *Cyprinus*, *Acipenser* u. a.), die über die Barre hinweg in den Busen gelangen, gehen hier infolge des hohen Salzgehaltes zugrunde, ebenso in ungeheuren Mengen *Cardium edule*.

Andrusow schreibt vom Karabugas: Die Kadaver schwimmen so lange weiter, wie sie das in den Busen hineinfließende Wasser fortbewegt, dann sinken sie zu Boden oder werden ans Ufer getrieben. Die am Ufer angehäuften Leichen von *Clupea*, *Atherina*, *Cyprinus*, *Lucio perca*, *Acipenser*, *Syngnathus* werden teilweise von den dort lebenden Vögeln gefressen, und welche Massen von Fischen im März hier am Ufer liegen, kann man daraus ermessen, dass die Möven um diese Zeit nur Fischaugen fressen und sich nicht die Mühe geben, den Fisch umzukehren, um auch das andere Auge auszustechen (Walther 1924, S. 309).

Cardium edule war vor der Bildung der Karabugasnehrungen hier reichlich vorhanden (Dvali 1932, S. 24) und wird heute in Schichten beobachtet, die um 5 m über dem Karabugasniveau liegen (Luppow 1932, S. 16). Während die Vertreter der kaspischen Fauna im Karabugas aussterben, hat der Busen seine spezielle Fauna und Flora (*Artemia salina* u. a.).

Wenn ein Grundelement des Karabugas sich verändern wird, d. h. wenn z. B. die Tiefe der Karabugasstrasse abzunehmen beginnt, so wird der besprochene Naturkomplex einer ökogenen Entwicklung unterworfen werden.

Einen autogenen Entwicklungsgang beobachten wir ferner in einem oligotrophen See (*Tanytarsus*-See), der ohne Veränderung seiner Grundbedingungen allmählich in einen eutrophen See (*Plumosus*-See) übergeht (Lundbeck 1926, Deksbach 1929, S. 76). Ein oligotropher See ist arm an Nährstoffen (N und P) und an Plankton, und enthält klares Wasser, während Humusstoffe fehlen und für

den See eine artenreiche Tiefenfauna charakteristisch ist (*Tanytarsus*-Fauna). Ein eutropher See dagegen ist reich an N und P sowie an Phyto- und Zooplankton, enthält stark getrübbtes Wasser und in seiner Tiefenfauna tritt *Chironomus plumosus* auf (Naumann 1932, S. 114). Autogene Verlandungsserien sind von verschiedenen Forschern dargestellt worden (Messikommer 1928, S. 304).

Da bei einer autogenen Entwicklung die Grundelemente eines Naturkomplexes unverändert bleiben, während seine anderen Elemente allmählich sich an die Grundelemente anpassen, so muss man annehmen, dass bei einem solchen Entwicklungsgang der Naturkomplex zuletzt vollkommen an die Grundelemente angepasst und so sein Schlusstadium (Markus 1932, S. 25) erreicht wird.

Illustrieren wir die Aufstellung des Charakters eines Naturkomplexes, den er bei seinem Gleichgewichtszustand empfangen wird, durch die Analyse einer Deltalandschaft der Wüste.

Im östlichen Teil des Tarimbeckens befindet sich die Lobwüste (Abb. 34), die als eine Deltalandschaft des Tarim betrachtet werden kann. Diese Landschaft charakterisieren neben den Flüssen (Tarim, Kontsche-darja, Tschertschen-darja) grosse Wadis — ausgetrocknete Flussläufe, wie Kurruk-darja, ein altes Bett des Tschertschen-darja (Trinkler 1929), u. a. Besonders interessant sind die Seen der Lobwüste. Auf der chinesischen Wu-tschang-fu-Karte vom Jahre 1863 ist ein See dargestellt, der dem alten Lob-nor entspricht. Als Prschewalski (Prschewalski 1888, S. 285—347) im Jahre 1876/77 die Lobwüste besuchte, fand er hier zwei Süswasserseen Kara-buran und Kara-koschun, die miteinander durch einen Fluss verbunden waren. Prschewalski hielt Kara-koschun¹⁾ für den alten chinesischen Lob-nor. Diese Meinung erregte bei Richthofen Widerspruch, denn die chinesischen Annalen bezeichneten den Lob-nor als einen Salzsee, und ferner liegt der chinesische Lob-nor nach der Wu-tschang-fu-Karte einen Breitengrad nördlich vom heutigen Kara-koschun. Kara-koschun und Kara-buran existierten, wie wir unten sehen werden, nicht lange: im Laufe des Jahres 1921 fand die Trockenlegung dieser Seen und die neue Auffüllung des alten Kurruk-darja-Laufes statt. Ausser den erwähnten Salz- und Süswasserseen zeigen die chinesischen Annalen der Han-Zeit in der Lobwüste einen Salzsumpf Pu-tschang-hai,

1) Nach Prschewalski Kara-kurtschin oder Lob-nor.

während die geologischen Untersuchungen hier das Vorkommen eines grossen vorgeschichtlichen Sees — eines riesigen flachen Binnensees — feststellen lassen, der wahrscheinlich noch Süsswasser enthielt.

Ferner lenkt auf sich unsere Aufmerksamkeit das Vorkommen abgestorbener Pappelwälder längs der ausgetrockneten Flussläufe

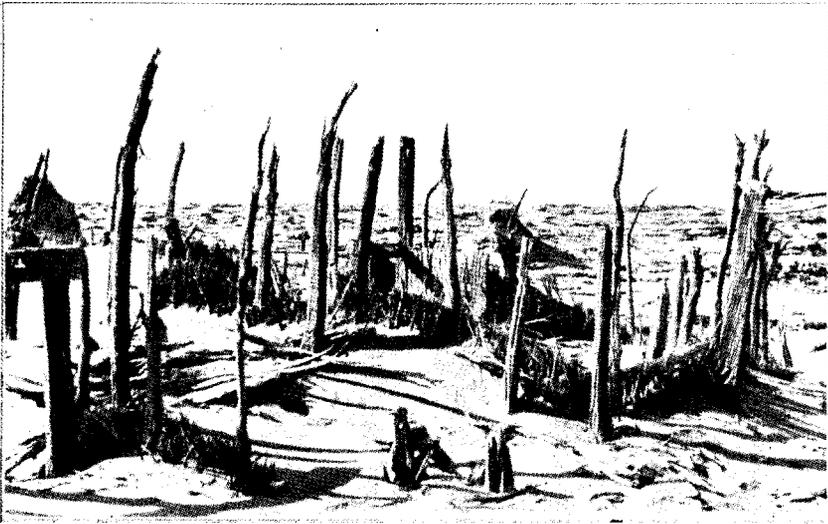


Abb. 35. Lou-lan (Herrmann 1931).

Ruinen eines Hauses mit stehengebliebenen Türen.

(Kurruk-darja) und das Vorhandensein heutiger Siedlungen und gut erhaltener Ruinen früherer Siedlungen (Sven Hedin 1903) in der Lobwüste.

Als Sven Hedin im Jahre 1900 die Lobwüste besuchte (Hedin 1903), fand er hier die gut erhaltenen Ruinen einer Stadt, die früher Lou-lan hiess. Die Häuser waren aus Holz oder aus an der Sonne getrocknetem Lehm gebaut. Die meisten alten Wohnungen waren eingestürzt, aber viele Balken und Pfosten standen noch aufrecht (Abb. 35). Hedin fand sogar Türrahmen und Türen, die noch an ihrem Platze standen. Ausser den archäologischen Funden zeugen von Lou-lan genaue historische Angaben. Die Hauptsiedlung von Lou-lan bildete eine chinesische Garnisonsstadt (Herrmann 1931). Diese lag innerhalb eines ausgedehnten Kanal-

netzes, zwischen zwei Flüssen — einem Nord- und einem Südflusse. Ein teilweise erhaltener Lehmwall von $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Meter Höhe umgab die Festung. Der höchste chinesische Militärbeamte wohnte in einem „weissen Hause“, das aus Ziegeln gebaut und wahrscheinlich mit Kalkputz bedeckt war.

Lou-lan lag in einem Grenzbereich, der sich zwischen China und den westlichen, meist von Nomaden bevölkerten Ländern befand. Diese Stadt durchquerte ein wichtiger Handelsweg, dessen westöstliche Richtung durch eine hohe, von Westen nach Osten sich erstreckende, von Norden und Süden durch Gebirge umgebene Beckenzone vorbedingt war. Das war die berühmte „Seidenstrasse“, die China mit den Kulturländern des Westens — Ferghana, Arabien u. a. verband. Infolge seiner Grenzlage (Jakinf 1829, Herrmann 1931) wurde das alte Königreich von Lou-lan oft von Hunnen überfallen, deren Reich sich damals auf der Höhe seiner Macht befand, und denen von der Mongolei angefangen der ganze Westen bis zum Pamirgebirge unterworfen war. Andererseits war Lou-lan China tributpflichtig. Diese schwankende Stellung, die das Königreich zwischen den Hunnen und den Chinesen einnahm, führte schliesslich zu seinem Untergang. Das Königreich wurde von den Chinesen endgültig erobert, und in Lou-lan wurde um 260 n. Chr. gegen die Hunnen eine Militärkolonie gegründet. Der General So Man, der an der Spitze von 1000 chinesischen Soldaten stand, rief auch aus den benachbarten Reichen Soldaten zusammen und errichtete im Mündungslauf des Südflusses einen Querdamm. Nun begann die Blütezeit Lou-lans. Noch heute finden wir zwischen der Garnisonsstadt und dem Südfort von Lou-lan Spuren eines grossartigen Kanalnetzes. So Man legte im Bewässerungsgebiete grosse Felder an, und in der Lobwüste entstand eine ausgedehnte Ackerbaukolonie (Tab. 31).

Die Denkmäler, die in Lou-lan gefundend sind (Hedin 1904/05, Stein 1928, Hermann 1931), erzählen, dass mindestens von 264—330 n. Chr. eine chinesische Militärkolonie in Lou-lan gestanden hat. Wie es scheint, begann nach dieser Zeit ein rascher Verfall der Stadt, und Lou-lan wurde von den Menschen verlassen.

In einer Arbeit über die Lobwüste hat Sven Hedin die Vermutung ausgesprochen (Hedin 1904/05), dass der untere Tarim zeitweise seinen Lauf geändert und wie ein Pendel zwischen Norden und Süden hin und her geschwungen habe. Hedin nahm an, dass in der Nähe von Lou-lan vor 1600 und 1700 Jahren der nach

Tab. 31. Lou-lan.

Bedingungen		Folgerscheinungen
Grundbedingungen	Durch die Grundbedingungen hervorgerufene Erscheinungen	
Grenzgebiet zwischen zwei starken Völkern : Chinesen / Hunnen (Mongolei — Pamir)	Eindringen der Chinesen und Hunnen in die Lobwüste	Abhängigkeit der Stadt von den Chinesen und Hunnen Gründung einer Militärkolonie
	Chinesisches Grenzgebiet	
Lage zwischen alten Kulturländern : Osten — China, Westen — Ferghana, Arabien, Römisches Reich, Indien	Seidenstrasse	B I L D E T V O N L O U - L A N
Beckenzone : a) von Norden und Süden von hohen Gebirgen umgebene, in westöstlicher Richtung sich erstreckende Beckenzone b) Geringe Breite der Beckenzone am Unterlauf des Tarim		
Fluss : a) Künstliche Bewässerung b) Flussmündung c) Stromverlegung		Entstehung einer Kulturoase: Damm, Kanalnetz, Ackerbaukolonie Entstehung einer Flussoase Untergang der Stadt

Osten gerichtete unterste Lauf des Tarim mündete. Im Jahre 1928 erzählte ein Eingeborener in Turfan Hedin, dass der Tarim im Jahre 1921 zum Kurruk-darja zurückgekehrt sei (Hedin 1929, S. 310). Diese Tatsache wurde von Norin bestätigt (Hedin 1931, S. 228—230). Der neue Fluss folgt im grossen und ganzen dem alten Flussbett des Kurruk-darja, teilt sich in mehrere Arme und bildet nördlich von Lou-lan ein Delta. In diesem Gebiet, wo Hedin 1900 und 1901 hoffnungslose Dürre vorgefunden hatte, wurde Norin durch Sümpfe und Seen am Vordringen gehindert. Im Jahre 1900 wurde am Kurruk-darja kein lebender Halm gefunden. Jetzt überwiegen im östlichen Abschnitt des Flusslaufes Tamarisken, im

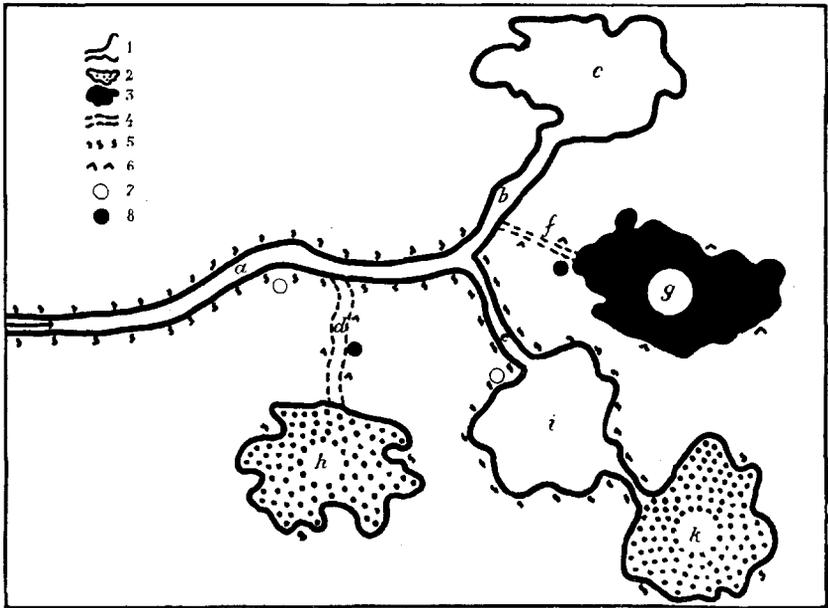


Abb. 36. Deltalandschaft der Wüste.

1. . . . Süßes Wasser :
- Flüsse: a . . Hauptfluss.
c . . Alter Flussarm.
b . . Eben entstandener Flussarm.
- Süßwasserseen: c . . eben entstanden.
i . . durchfliessbar.
2. Salzseen: h . . . vom Flusse abgetrennter.
k . . . Endsee.
3. Ausgetrockneter See: g.
4. Wadis: d, f.
5. Bäume.
6. Abgestorbene Bäume.
7. Siedlungen.
8. Ruinen.

westlichen Schilf. Aber kein einziger Pappelschössling war im Jahre 1928 zu sehen. Doch, sagt Hedin, die Pappel wird ohne Zweifel wiederkommen, wenn das Wasser lange genug in dem nördlichen Bette bleibt (Hedin 1931, S. 229).

Die Lobwüste stellt einen Naturkomplex dar, dessen folgende Glieder für uns von Interesse sind: Flüsse und Wadis, Salz- und Süßwasserseen und Salzsümpfe, Siedlungen und deren Ruinen, lebende und abgestorbene Bäume u. a.

Wenden wir uns nun den Grundelementen (Tab. 29 u. 32) der zu besprechenden Deltalandschaft der Wüste zu und verfolgen wir ihre Wirkungen auf die Landschaft. Wir finden hier einen Abschnitt der Wüste und einen Fluss, der Wasser ins Wüstengebiet führt (Abb. 36). Die Wirkungen des trockenen Wüstenklimas können in verschiedenen Wüsten der Erde untereinander verglichen werden. Es ist

Tab. 32. Deltalandschaft der Wüste:
Lobwüste.

Grundfaktoren		Folgerscheinungen			
Konstante Grundelemente	Den Rhythmus bedingende Erscheinungen	Flüsse	Seen	Siedlungen	Bäume
In die Deltalandschaft einmündender Fluss	Stromverlegungen	Entstehung neuer Flüsse	Entstehung von Süßwasserseen	Entstehung neuer Siedlungen	Erscheinen neuer Bäume
Wüstenklima	Trockenheit des Klimas	Austrocknen der Flüsse, Bildung von Wadis	Verwandlung der Süßwasserseen in Salzseen, Entstehung von Salz-sümpfen, Verschwinden der Seen	Bildung von Ruinen der Siedlungen	Absterben der Bäume

bekannt, dass ein Süßwassersee in der Wüste sich allmählich in einen Salzsee verwandelt und zuletzt in einen Salzsumpf übergehen kann. Ebenso verfolgen wir den Charakter des Unterlaufes der Flüsse in verschiedenen Ländern. Die Flüsse tragen im Wasser Sand und anderes Material mit sich, das im Deltagebiet abgelagert wird, weshalb hier Verschiebungen der Flussläufe beobachtet werden (Koslow 1935). So hat der Hwang-ho in den letzten 4000 Jahren seinen Lauf 7—10 mal verlegt, wobei er vor dem Jahre 1853 um 600 km südlich von seiner heutigen Mündung ins Meer mündete (Köhler 1929).

Wenn nun in einem Wüstengebiet eine Stromverlegung stattfindet (Tab. 32), so bildet sich das ausgetrocknete Bett des Flusses — ein Wadi, am Wadi sterben Bäume ab, und die Siedlungen

gen verwandeln sich in Ruinen. Es werden ferner neue Becken von Wasser erfüllt, hier bilden sich Süßwasserseen, entstehen neue Siedlungen, und Pflanzen dringen längs des Flusses in die Wüste vor. Die eben entstandenen Süßwasserseen beginnen sich allmählich in Salzseen zu verwandeln. Besonders stark versalzen diejenigen Seen, die von Flüssen abgetrennt wurden, während die durchfließenden Wasserbecken Süßwasserseen bleiben.

Wenn wir nun die Grundelemente der Deltalandschaft — das Wüstenklima und die ins Wüstengebiet eindringenden Wassermengen — als unverändert betrachten, so geht in der Deltalandschaft ein autogener Entwicklungsgang und eine Anpassung der abhängigen Elemente an das Klima (Verwandlung der Süßwasserseen in Salzseen) und an den hier einmündenden Fluss mit seinen Stromverlegungen vor sich.

Wenn eine Deltalandschaft der Wüste ihren Gleichgewichtszustand erreicht, so enthält sie einerseits bestimmte konstante Elemente — ein unveränderliches Klima und einen ins Wüstengebiet einmündenden Fluss mit konstanter Wassermenge; andererseits lässt sie in sich bestimmte rhythmische Erscheinungen feststellen. Den rhythmischen Entwicklungsgang bedingen Stromverlegungen, die zusammen mit dem trockenen Klima eine Gruppe von Erscheinungen hervorrufen, die jede Stromverlegung begleiten. Diese Gruppe bilden:

Stromverlegung, Entstehung neuer Flüsse, Austrocknen der Flüsse, Bildung von Wadis. Entstehung von Süßwasserseen, Verwandlung der Süßwasserseen in Salzseen, Entstehung von Salzsümpfen, Verschwinden der Seen. Entstehung von Siedlungen und Bildung ihrer Ruinen. Erscheinen neuer Bäume und Absterben der Bäume.

Bei einer Wiederholung der Stromverlegung wiederholen sich regelmässig alle die Stromverlegung begleitenden Erscheinungen.

Mithin charakterisiert sich eine Deltalandschaft der Wüste in ihrem Gleichgewichtszustand (Abb. 36) durch Flüsse und Wadis, durch Süßwasserseen, Salzseen und Salzsümpfe, durch Siedlungen und ihre Ruinen, durch Wälder und abgestorbene Bäume.

Es sei hinzugefügt, dass hier nur die spezifischen, von Veränderungen des Flusslaufes hervorgerufenen Eigenschaften der Deltalandschaft besprochen wurden, während die typischen Kennzeichen gewöhnlicher Wüsten (Gleichgewicht in der Dünenbildung u. a.) beiseitegelassen sind.

Die Lobwüste bietet somit eine glückliche Gelegenheit dar, die die Charakterisierung des Gleichgewichtszustandes der Deltalandschaften der Wüste ermöglicht. Durch eine Vergleichung der Lobwüste mit anderen Deltalandschaften der Wüste und durch eine vergleichende Untersuchung ihrer verschiedenen Glieder, wie z. B. der Seen, die wegen ihrer Jugend oder Durchfliessbarkeit oft Süßwasser enthalten (Tsad, Aral) (Jäger 1928, S. 170; Berg 1908; Herrmann 1930), werden die Deltalandschaften noch genauer erfasst.

Von den verschiedenen Meinungsäußerungen über das Klima des Tarimbeckens (Huntington 1907) sei gesagt, dass wir keineswegs die Möglichkeit einer Veränderung des Klimas der Lobwüste verneinen. Doch erfordert eine Erklärung aller oben besprochenen Glieder der Lobwüste keine Voraussetzung von Veränderungen der Grundelemente dieser Landschaft.

Wir fassen zusammen: wenn vor uns eine bestimmte Landschaft liegt, die ihren Gleichgewichtszustand nicht erreicht hat, so stellen wir ihre Grundelemente fest,

untersuchen, welche Veränderungen ihre abhängigen Elemente durchmachen müssen, wenn sie sich einem ausgewählten Grundelement anzupassen streben, und welchen Charakter sie empfangen, wenn sie sich unter dem gleichzeitigen Einflusse aller Grundelemente befinden,

und bestimmen, welche Form der abhängigen Elemente der Forderung der Konstanz und des Rhythmus entspricht.

V. Grenzverschiebung.

1. Begriffe.

Vor uns liegen zwei Naturkomplexe A und B (Abb. 37). Im Gebiete von K existierte früher der Naturkomplex B. Heute befindet sich in diesem Gebiete der Naturkomplex A. Man sagt dann, dass die Grenze zwischen A und B sich in der Richtung von B verschiebt. Wenn z. B. das Grenz-

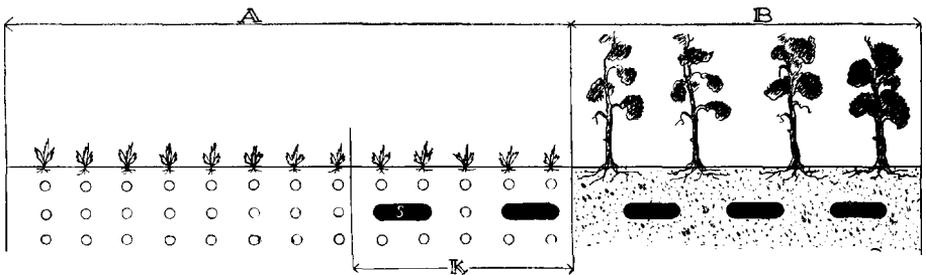


Abb. 37. Richtung der Grenzverschiebung s — fremdes Glied.
(Markus 1932).

gebiet (K) des Waldes (B) und der Tundra (A) in der Vergangenheit mit Wald bedeckt war und in der Gegenwart von einer Tundra eingenommen wird, so rückt die Tundra in den Wald vor.

Das Vorrücken eines Naturkomplexes kann als *Transgression*, sein Zurückweichen als *Regression* bezeichnet werden.

Eine Grenzverschiebung kann sowohl in den topographischen, als auch in den klimatischen, anthropogenen u. a. Reihen der Naturkomplexe vorkommen. In Selgus rückt das junge Moor ins Podsolmoor vor und das letztere in den flachen Wald (Markus 1929) (Abb. 23). Die genannten Naturkomplexe bilden eine topographische Reihe. Beim Vordringen des Ackerlandes in den Wald haben wir es mit einer anthropogenen Reihe zu tun.

Wenn ein Naturkomplex des Festlandes in der hydrologischen oder einer ihr äquivalenten Reihe vorrückt, so wird dieses Vorrücken als *positiv* oder *negativ* bezeichnet. Wenn der Na-

turkomplex A mehr Feuchtigkeit fordert als B, so ist die Grenzverschiebung zwischen A und B in der Richtung von B eine positive, die Verschiebung in entgegengesetzter Richtung eine negative. Das Vordringen des Moores in den Wald ist eine positive, das Vorrücken des Waldes ins Moor eine negative Verschiebung.

Wenn die Grenze eines Naturkomplexes unverändert bleibt, so sagen wir, dass dieser Naturkomplex sich im ruhenden Zustande befindet (Markus 1929, S. 89). In solchem Falle hat der Naturkomplex seine Gleichgewichtsgrenze (Passarge 1921, S. 43) erreicht. Der ruhende Zustand bedeutet keineswegs einen Gleichgewichtszustand der Naturkomplexe: Hochmoore, die von stark geneigten Erdf lächen umgeben sind, wachsen oft in die Höhe, während ihre Grenzen unverändert bleiben (Markus 1932).

Wir betrachten Naturkomplexe, die zu denselben oder äquivalenten Reihen gehören. Wenn dabei die Grenzen dieser Naturkomplexe sich in derselben Richtung verschieben, so können diese Verschiebungen als übereinstimmend betrachtet werden. Das Vordringen eines jungen Moores in das Bruchwaldmoor stimmt mit dem Vorrücken des Podsolmoores in einen flachen Wald überein, denn alle genannten Naturkomplexe gehören zu einer topographischen Reihe. Auf die Transgression eines Sees über das Moor und das Vorrücken des Ackerbodens in den Wald kann der Begriff der Übereinstimmung nicht angewendet werden.

Die Grenzen zwischen ein und denselben Komplexindividuen werden als identisch betrachtet. Das Birkenbruchwaldmoor von Moorisoo (Markus 1929) (Abb. 23) grenzt einerseits an das junge Moor und andererseits an das Erlenbruchwaldmoor, das Podsolmoor und den flachen Wald. Dabei sind identisch z. B. diejenigen Abschnitte seiner Grenze, wo das Birkenbruchwaldmoor das Erlenbruchwaldmoor berührt. Die Grenze zwischen einem Birken- und einem Erlenbruchwaldmoor aber ist nicht identisch mit der Grenze des Birkenbruchwaldmoores und des flachen Waldes.

Vor uns liegt ein bestimmtes Untersuchungsgebiet, in dem wir bestimmte identische Grenzen betrachten. Wenn dabei diese Grenzen überall und zwar in derselben Richtung vorrücken, so sprechen wir von einer allgemeinen Grenzverschiebung. Wenn aber die Verschiebung nur an einem bestimmten Teile einer Grenze beobachtet wird oder mit den anderen Verschiebungen nicht übereinstimmt, so haben wir es mit einer lokalen Grenzverschiebung zu tun. Im Moorisoo (Markus 1929) dringt junges

Moor an seiner ganzen Grenze in das Birkenbruchwaldmoor. In Kurgesoo von Selgus geht ebenfalls ein allgemeines Vorrücken des Moores in den Wald vor sich (Markus 1929), wobei an bestimmten Stellen des Kurgesoo ein lokales Vordringen des Waldes ins Moor stattfindet.

Als zurückweichende werden diejenigen Glieder eines Naturkomplexes betrachtet, die bei seiner Regression verschwinden. Sie sterben aus, ihre Zahl nimmt ab, ihre Dichte verringert sich (Markus 1929). Infolge der Verschlechterung ihrer Existenzbedingungen bilden sich in einem zurückweichenden Naturkomplex verkümmerte Glieder. Die Birke *Betula nana* z. B., die im mittleren Teil von Kola prächtig und $1\frac{1}{4}$ m hoch ist (Markus 1922), drückt sich infolge der austrocknenden Wirkung des Windes (Samuelson 1925/27, S. 158) an der nördlichen Baumgrenze an die Erdoberfläche an und versteckt sich zwischen Moosen (Markus 1922). Reste zurückweichender Glieder werden oft lange in einem Naturkomplex beobachtet (Relikte).

Die in einen Naturkomplex vordringenden Glieder nehmen an Zahl zu, ihre Dichte wächst und sie werden gewöhnlich durch ihren gesunden Zustand charakterisiert (Markus 1929).

Gleichgültig sind diejenigen Glieder, die bei einer bestimmten Grenzverschiebung keiner regelmässigen Veränderung unterworfen werden (Markus 1929, S. 116).

Die Grenzverschiebung stellt eine spezielle Erscheinung der Chorogenese dar und ist mit der letzteren nicht ohne weiteres identisch. In einem Naturkomplex werden ausser der Grenzverschiebung viele andere Elementarveränderungen (Markus 1932, S. 6), wie Veränderungen seiner Dimensionen und seiner Form, Gliederveränderung usw. beobachtet. Im Hochmoore von Laukasoo z. B. wird eine Gruppe von Veränderungen festgestellt, die allen Hochmooren eigen sind (Höhenwachstum, Erscheinen von Schlenken u. dgl.). Doch ist dieses Moor, wie oben erwähnt, von einer stark geneigten Erdfläche umgeben, und deshalb bleibt die Grenzlinie des Laukasoo fast unverändert (Markus 1932, S. 7).

Ebenso decken sich die Grenzverschiebung und die Sukzession keineswegs. Der Chorogenese ist ein Naturkomplex als Ganzes, der Sukzession nur eines seiner Elemente — die Vegetation — unterworfen. Andererseits können sich sowohl pflanzengeographische Grenzen als auch Grenzlinien ganzer Landschaften

verschieben. Kurz gesagt, „Grenzverschiebung“ und „Sukzession“ können sich kreuzen (Sigwart 1921, S. 376); doch stellen sie keine identischen Begriffe dar, wie zuweilen behauptet wird.

Grenzverschiebungen werden durch dieselben Ursachen hervorgerufen, die eine Chorogenese der Landschaften bedingen: die Seen Finnlands transgredieren ihre südöstliche Umgebung infolge der Landhebung; der Tåkernsee drang in das Gebiet des Alvastra-Quellmoores wegen der Veränderung des Klimas ein, usw.

2. Untersuchungsmethoden.

Bei der Untersuchung der Grenzverschiebung werden alle Methoden angewendet, die die Chorogenie aufgestellt hat. Beson-

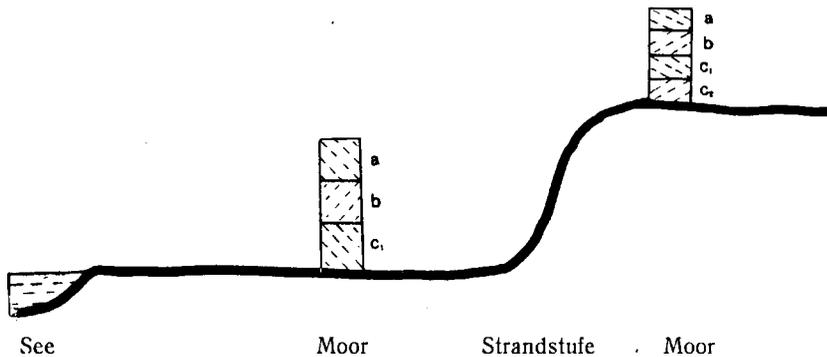


Abb. 38. Untersuchung der Grenzverschiebung (Markus 1932).

- a — subatlantische Zeit
- b — subboreale „
- c₁ — spätatlantische „
- c₂ — frühatlantische „

Die Strandlinie des Sees reichte bis zur dargestellten Strandstufe während des Überganges von der frühatlantischen zur spätatlantischen Zeit.

ders wichtig für uns sind fremde Glieder (Tab. 33), die in Naturkomplexen gefunden werden. Man stellt fest, welchem Naturkomplex ein beobachtetes fremdes Glied angehört, und ob es früher oder später entstanden ist als die zu untersuchenden Glieder eines vorliegenden Naturkomplexes. Dabei zieht man Schlussfolgerungen über die Richtung der Grenzverschiebung. Der Torf in Herräsniemi z. B. bildet ein fremdes Glied des Sees von Puula, und da er unter dem Wasser liegt, so zeigt er, dass der See ein Moor transgrediert hat (Abb. 30).

Tab. 33. Grenzverschiebungen.

	Grenze	Gebiet	Fremdes Glied	Räumliche oder zeitliche Nachbarschaft der Glieder	Richtung der Grenzverschiebung	Literatur	
Entstehungsort des Gliedes	Grenzlinie zweier Gebiete	Strandlinie	Peipussee, Estland	Strandterrassen, Strandwälle, Blockfelder, Mündungen der Urstromtäler, Deltabildungen	Ausserhalb des Peipus, 10—20 km vom See entfernt	Regression des Sees	Markus 1932
			Vanajavesee, Finnland	Strandterrassen	Innerhalb des Sees, unter dem Wasser, in einer Tiefe von 3—5 m	Transgression des Sees	Auer 1924
	Das vorliegende Gebiet		Litorinameer	Limnische Ablagerungen	Ausserhalb der Ostsee	Regression des Meeres	Hausen 1914
	Ein anderes Gebiet		Puulasee, Vanajavesee u. a.	Torfschichten, Reste von Dörfern, Stubbenschichten, ertrunkene Flusstäler	Unter dem Wasser, innerhalb des Sees	Transgression des Sees	Stromer 1920 Auer 1924 Deecke 1929 Hellaakoski 1929
	Sprachgrenze	Deutsches Sprachgebiet, Mecklenburg	Slavische Ortsnamen: Dobrotin (Dobrota-Dobbertin), Breesen (Birkenort), Suckwitz, Bossow, Krakow, Scharpow	Innerhalb des deutschen Sprachgebietes	Verschiebung der deutsch-slavischen Sprachgrenze nach Osten	Engel 1934	
	Kulturgrenze	Bereich der kammeramischen Kultur in Europa	Bootäxte	Innerhalb des Verbreitungsgebietes der kammeramischen Kultur	Vordringen der Bootaxtkultur nach Norden	Moora 1932	

Geschichtliche Reihenfolge	Grenze des Moores und des Sees	Herräsniemi Finnland	Moor	Wasserschicht	Später entstanden	Zurückweichen des Moores	Hellaakoski 1929
			See	auf dem Torfe	Früher entstanden	Transgression des Sees	
	Sprach- grenze: Pennougrier/ Slaven	Pleskauer Gebiet		Stamm finnisch, Suffix russisch: ovščina; Ortsname: Jumal — ow- schtschina	An die Stämme wurde später das Suffix gefügt	Zurückweichen der Finnen (vor 1000 n. Chr.)	Truismann 1897
	Slaven/Türken	Balkanhalbinsel		Stamm slavisch, Suffixtürkisch: idža, dža; Ortsnamen: Goriza-Ko- ridscha, Kragujewaz-Kara- giofidscha		Türkische Ex- pansion	Miklosich 1927 Braun-Zieg- feld 1930
Gliederänderung	Grenze des Waldes und des Moores	Podsolmoore, Selgus		Dunkle Schicht zwischen der Podsol- und der schwarz- braunen Schicht	Die dunkle Schicht entstand später als der Podsol- moorboden	Vordringen des Moores	Markus 1929
	Grenze des Waldes und des Ackerlandes in Kameslandschaften	Hügeliger Nadel- wald mit dunkler Bodenschicht, Selgus		Dunkle Schicht zwischen der Podsol- und der rostbraunen Schicht	Die dunkle Schicht ist früher entstan- den als der Pod- solboden	Vordringen des Waldes	Markus 1929

Mit besonderem Erfolg aber verwendet man kombinierte Methoden der Chorogenie. Wir erläutern sie durch folgendes Beispiel.

Auf der Abb. 38 ist eine Strandstufe und ein Moor dargestellt, das unterhalb der Strandstufe liegt. Diese Strandstufe ist ein fremdes Glied der auf der Abbildung dargestellten Landschaft: der See ist von der Strandstufe zurückgewichen. Der geschichtlichen Reihenfolge gemäss wurden die Torfschichten unterhalb der Strandstufe nach der Regression des Sees abgelagert. Bei der Konnexion mittels der pollenanalytischen Methode ersieht man, dass schon in spätatlantischer Zeit unterhalb der Strandstufe kein See vorhanden war; da hier aber Ablagerungen der frühatlantischen Zeit fehlen, so war dieses Gebiet in der genannten Zeit mit Wasser bedeckt. Kürzer: die Grenzverschiebung des Sees hat während des Überganges von der frühatlantischen zur spätatlantischen Zeit stattgefunden. In ähnlicher Weise stellen wir fest, dass das Litorina-Maximum mit der atlantischen Zeit zusammenfällt (Ahlmann, Caldenius u. Sandegren 1924), usw.

3. Verschiebung der Grenzlinie.

Behandeln wir die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Selgus.

In der südöstlichen Ecke des Moorisoos (Markus 1929) (Abb. 23, Quart. 179) befindet sich eine muldenförmige Vertiefung, die 30—40 m breit ist und eine beinahe horizontale Achse hat. Die Mitte der Einsenkung ist von Kiefern, Fichten und Birken eingenommen. Die Kiefer *Pinus silvestris* ist 15—20 m hoch und hat 15—20 cm im Durchmesser. Ihre Krone nimmt das oberste Sechstel des Baumes ein und enthält viele vertrocknete Zweige. Die 10—16 m hohe Birke *Betula pubescens* hat einen Durchmesser von 7—15 cm und besitzt vertrocknete Äste, die mit herabhängenden Flechten bedeckt sind. Die Fichte *Picea excelsa* erreicht in der Mitte der Vertiefung nur 2—8 m Höhe. Sie ist stark von hängenden Flechten bedeckt. Sogar die Fichten von 1 m Höhe haben keine gesunden Zweige.

Der krankhafte Zustand des Waldes lenkt unsere Aufmerksamkeit auf sich. Wir sehen in der Vertiefung eine Fichte, die 18 m hoch ist und deren Durchmesser 25 cm beträgt, die dabei aber endgültig vertrocknet ist: ihre Krone beginnt in einer Höhe von

3 m und weist keinen lebenden Zweig auf; allen Zweigen fehlen die grünen Nadeln, und sie alle sind mit hängenden Flechten bedeckt. In ihrer Nähe befindet sich eine tote Birke, die 24 cm im Durchmesser hat und deren Wipfel abgebrochen ist. Derartiger toter Bäume gibt es hier noch viele. Unter ihnen finden sich viele Kiefern, die bis 15 m hoch sind. Es scheint, als wäre eine Epidemie durch den Wald gegangen.

Die Moosdecke dagegen ist üppig und lückenlos und erreicht 15—20 cm Höhe. Sie besteht aus *Sphagnum recurvum* 5¹⁾ und *Sph. medium* 2.

In der Feldschicht gibt es nur wenige Pflanzen: *Carex filiformis* 3, *Calamagrostis lanceolata* 1, *Melampyrum pratense* 1, *Oxycoccus palustris* 1.

Der Boden besteht aus folgenden Schichten: 1) Sphagnumtorf 30 cm²⁾; 2) Humusschicht 1—2 cm; 3) grauweißer Sand 15 cm; 4) dunkler Sand 10 cm; 5) schwarzbrauner Sand, der Ortsteinkörnchen enthält (Durchmesser 1—2 cm) und in einer Tiefe von 70 cm in lückenlosen und festen Ortstein übergeht (Mächtigkeit der Schicht 25 cm); 6) gelbbrauner Sand 10 cm; 7) Gleyschicht (Tiefe 90—100 cm).

Somit haben wir in der südöstlichen Ecke des Moorisoos ein Podsolmoor vor uns, dessen Boden mit Sphagnumtorf bedeckt ist, und der zwischen der schwarzbraunen und der grauweißen Schicht eine dunkle Schicht enthält. Das zeigt, dass das Moor hier in den Wald vordringt, infolgedessen sterben die Bäume aus und der Waldboden bedeckt sich mit einer üppigen Sphagnumdecke.

Ebenso erfassen wir das Vordringen des Moores in den Wald in allen anderen Teilen des Grenzgebietes des Moorisoos, in der ganzen Umgebung von Selgus (Markus 1929).

Bei der Grenzverschiebung beobachten wir eine Verschlechterung der Existenzbedingungen für die zurückweichenden Naturkomplexe (Tab. 34). In den versumpften Wäldern finden wir verkümmerte Bäume, die krumme Stämme und vertrocknete Zweige haben und mit Flechten bedeckt sind. Infolge der Grenzverschiebung zweier Naturkomplexe verschwinden allmählich die Glieder des zurückweichenden Komplexes: beim

1) 5 = Bedeckungsgrad.

2) 30 cm = Mächtigkeit des Torfes.

Tab. 34. Versumpfung des Podsolmoores
(Markus 1929).

	Versumpfungsstadien	0 ¹⁾	1	2	3
Zurückweichende Vegetation	<i>Vaccinium myrtillus</i> . . .	V ₄ ²⁾	V ₃	V ₃	V ₁
	<i>Hypnum Schreberi</i>	V ₄	V ₂	V ₁	IV ₁
	<i>Vaccinium vitis idaea</i> . .	V	V	V	III
	<i>Picea excelsa</i>	V	V	V	II
	<i>Dicranum undulatum</i> . . .	V	III	I	I
	<i>Betula verrucosa</i>	IV	IV	III	
	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	IV	II		
Vordringende Vegetation	<i>Sphagnum acutifolium</i> . .		V ₂	III ₂	I ₁
	<i>Polytrichum commune</i> . .		IV ₂	IV ₁	II ₁
	<i>Betula pubescens</i>		I	I	V
	<i>Pinus silvestris</i>	II	II	II	V
	<i>Carex globularis</i>	III	V	V	V
	<i>Eriophorum vaginatum</i> . .		I ₁	II ₁	V ₂
	<i>Ledum palustre</i>		I ₁	III ₂	V ₂
	<i>Vaccinium uliginosum</i> . . .		II ₁	III ₂	V ₂
	<i>Sphagnum recurvum</i>		II ₁	V ₄	V ₅
<i>Sphagnum</i>		V ₁₋₄	V ₅	V ₅	
Gleichgültige Vegetation	<i>Picea excelsa</i> (G.)	V	V	V	V
	<i>Melampyrum pratense</i> . . .	V	V	V	V
	<i>Hylocomium proliferum</i> . .	I	IV	I	II
B o d e n	Oberste Schicht	Rohhum	usschicht Nester von Sphagnum- torf	Sphagnumtorf Nester von Roh- humus	
	Podsoltschicht		G r a u w e i s s		Grauweiss mit dunklem Farbenton
	Dunkle Schicht			ist vorhanden	
	Schwarzbraune Schicht . .		i s t v o r h a n d e n		Spuren

1) 0 — ruhendes Podsolmoor, 1 — erstes Stadium der Versumpfung usw.

2) V — Konstanzgrad, ₄ — Bedeckungsgrad.

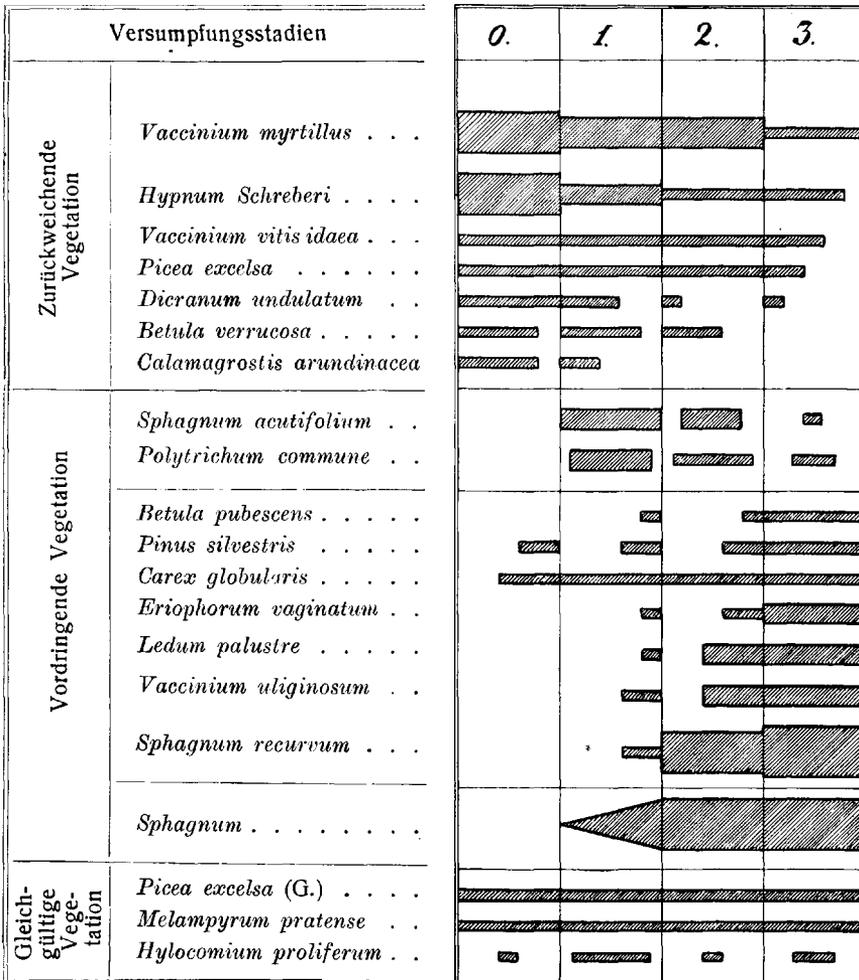


Abb. 39. Versumpfung eines Podsolmoores (Markus 1929).

0 — ruhendes Podsolmoor, 1 — erstes Versumpfstadium usw. G.-Gebüschschicht.

Die Breite der einzelnen Figuren ist proportional dem Bedeckungsgrad, die Länge derselben — dem Konstanzgrad der Pflanzenarten.

Vorrücken des Moores ins Podsolmoor verringert sich der Konstanzgrad der zurückweichenden Pflanzenarten (Markus 1929) (Abb. 39) und ihr Bedeckungsgrad nimmt ab. Der Boden ist bestrebt, sich den neuen Existenzbedingungen anzupassen: im Podsolmoorboden z. B. bildet sich eine dunkle Schicht, die für den eine grössere Feuchtigkeit liebenden Naturkomplex charakteristisch ist (dunkle

Schicht der Bruchwaldmoorböden) und einen bedeutenden Teil von Humus, Fe_2O_3 und Al_2O_3 verloren hat (Abb. 29).

Die Glieder vordringender Naturkomplexe sind gesund und frisch. Der Konstanz- und Bedeckungsgrad der vordringenden Pflanzenarten nimmt zu (Markus 1929) (Abb. 39).

Die Bildung neuer Moore wird auch in anderen Ländern beobachtet. Lukkala untersucht den Versumpfungsverlauf an Hand alter Karten, auf Grund von Kohlen- und Aschenschichten und durch die Beobachtung junger Meeresufergelände und kommt zur Schlussfolgerung, dass sich auch gegenwärtig in vielen Gebieten Finnlands eine Versumpfung vollzieht (Lukkala 1934, S. 125). Die Verwandlung von Podsolböden in mit Torf bedeckte Humuspodsole beobachtete Tamm (Tamm 1931) in Schweden, usw.

Wenn wir nun die Ursache des Vordringens des Moores in den Wald feststellen wollen, so versuchen wir diejenigen Grundelemente des Moores zu bestimmen, die die Vergrößerung des Feuchtigkeitgehalts der Moore hervorrufen können. Die Schwankungen des Seespiegels des Peipus können hier nicht in Frage kommen, denn das Untersuchungsgebiet ist 9 km vom Peipus entfernt, befindet sich ausserhalb des früheren Ausdehnungsgebietes des Peipus, d. h. seiner 16—18 hohen Standterrassen, und liegt ca. 32 m über dem gegenwärtigen Seespiegel des Peipus.

Wagner (Wagner 1929) zeigt, dass die Jahresschwankung der Temperatur seit etwa 130 Jahren in fast ganz Europa abgenommen hat, während nach Johanson diese Abnahme nur in den letzten Jahrzehnten bestätigt wird (Johanson 1929). Die meteorologischen Beobachtungen in Estland dagegen zeigen, dass in Tartu ein Milderwerden der Winter, eine Abkühlung der Sommer, eine Zunahme der Bewölkung und eine Abnahme der Sonnenscheindauer und des Luftdrucks in den Jahren 1866—1930 beobachtet worden sind (Frisch 1932). Somit zeigen diese Arbeiten untereinander übereinstimmend, dass im Untersuchungsgebiet eine Zunahme der Marimität festgestellt wird. Diese Erscheinung müssen wir als eine Ursache ansehen, die eine langsam vor sich gehende Versumpfung der Wälder in Selgus bedingt hat.

4. Verschiebung der Landschaft.

Die Verschiebung einer Landschaft lernten wir bei der Behandlung der Dünenlandschaft von Vilo kennen (Kap. II, 3, Tab. 4, Abb. 2). Besprechen wir noch die Verschiebung des Waldgürtels der gemässigten Zone in Europa.

Im Grenzgebiet der Tundra und des Waldes auf der Halbinsel Kola werden oft Reihen von Bodenquerschnitten konstatiert, die den nebenstehenden, aus der Umgebung des Pulojävr entnommenen ähnlich sind (Markus 1922, S. 43 u. a.) (Tab. 35).

Tab. 35. Versumpfung des Podsolmoorbodens
auf der Halbinsel Kola
(Markus 1922).

Bodenquerschnitte	I	II	III
Oberste Schicht . .	Torf 6—7 cm	Torf 17—18 cm	Torf 62 cm
Humusschicht . .	von	geringer	Mächtigkeit
Podsolschicht . . .	grauweiss 3—8 cm	Podsol-Fleckchen (Durchmesser bis 3 cm)	dunkel-grauweisser Streifen (1/2 cm)
Dunkle Schicht . .	—	dunkel-schwarz- brauner Sand 10 cm	dunkler Sand 30 cm
Schwarzbraune Schicht	15 cm	intensiv- schwarzbraun (12 cm); enthält Ortsteinstückchen (Durchmesser 1—7 cm)	In einer Tiefe von 85 bis 115 cm finden sich kleine rostbraune Fleck- chen und verstreute Ortsteinstückchen, deren Zahl im oberen Teile der Schicht B ziemlich gross ist
Rostbraune Schicht	13 cm	25 cm	
Untergrund . . .	bläulicher		Sand

Der dritte Querschnitt befindet sich in der Mitte einer flachen muldenförmigen Vertiefung, der zweite liegt auf dem Abhange derselben, der erste nimmt die höchste Stelle ein.

Im ersten Bodenquerschnitt sehen wir einen typischen Podsolmoorboden; im zweiten Querschnitt erscheint zwischen der grau-

Tab. 36. Veränderung der Schwarzerde nach zwei Richtungen:
Grenzverschiebung zwischen Wald und Steppe¹⁾.

Richtung der Grenzverschiebung	Vordringen des Waldes in die Steppe		Vordringen der Steppe in den Waldgürtel	
	Schwarzerde der Steppen	Veränderte Schwarzerde	Podsolboden des Waldgürtels	Veränderter Podsolboden
Böden	Humusreicher Boden	1. Humusschicht	1. Humusschicht	1. Humusreiche Schicht
		2. Grauweiße Schicht	2. Grauweiße Podsol-schicht	
		3. Dunkle Schicht	3. Rostbraune Schicht	2. Rostbraune Schicht
Charakter der Veränderung der Böden	In der Schwarzerde bildet sich eine der Podsol-schicht der Bleicherde entsprechende grauweiße Schicht		Die rostbraune Schicht des Podsolbodens bedeckt sich mit einer für die Schwarzerde charakteristischen humusreichen Schicht	

weissen und der schwarzbraunen Schicht eine dunkle Schicht; im dritten Querschnitt ist die dunkle Schicht ausgeprägt, und der Boden weist nur Spuren der Podsol- und der schwarzbraunen Schicht auf.

Somit haben wir es hier mit einer Gliederveränderung des Podsolmoores zu tun: das Vorhandensein einer dunklen Schicht zwischen der grauweißen und der schwarzbraunen Schicht der Kolaer Podsolmoorböden zeigt, dass im Grenzgebiete der Tundra und des Waldes eine Vergrößerung der Torffläche und eine Abnahme des Waldareals vor sich geht.

Im Grenzgebiet der Schwarzerde und der Podsolzone werden degradierte Schwarzerden beobachtet (Enculescu 1924, Karte V), die verschiedene Degradierungsstadien der Schwarzerde darstellen. Bei ihrer allmählichen Podsolierung enthält die Schwarzerde in ihrem tieferen Teile lange eine dunkle Schicht (Dranzyn 1914). Dabei stellen die degradierten Schwarzerden und die grauen Wald-

¹⁾ Nach Dranzyn (1914), Jakowlew (1914), Wityn (1924), Florov (1927).

erden, die in einer Tiefe von 50—100 cm eine dunkle Schicht beherbergen, deutliche Merkmale des Vordringens des Waldes in die Steppe dar (Tab. 36).

So rücken die nördliche und die südliche Grenze des Waldgürtels der gemässigten Zone von Norden nach Süden vor: in dieser Richtung verschiebt sich der ganze Waldgürtel.

Die Verschiebung des Waldgürtels begann schon vor langer Zeit, und ihre Ursache bildet wahrscheinlich die subatlantische Klimaverschlechterung in Europa.

5. Fremdlingsfaktoren.

Die Faktoren, die auf eine bestimmte Landschaft Einfluss haben, können dreierlei Art sein (Tab. 37). Die Fremdlingsfaktoren¹⁾ (Passarge 1920) stammen aus der Umgebung der Landschaft, während die Heimatsfaktoren¹⁾ in die Landschaft hineingehören. Ausser den genannten werden solche Faktoren festgestellt, die der Landschaft und ihrer Umgebung gemeinsam sind. Die Entstehungsbedingungen der Kulturoase von Ägypten bilden das Wüstenklima, das niederschlagsreiche tropische Afrika und die Form des Flusstales des Nils. Der Wasserreichtum von Ägypten wird vom regenreichen Gebirgsland Abessiniens bedingt, das weit von Ägypten liegt und so als ein Fremdlingsfaktor erscheint. Das Überschwemmtwerden von Ägypten dagegen wird von einem Heimatsfaktor — der Form des unteren Niltales — bedingt. Das Wüstenklima aber ist sowohl für die Kulturoase von Ägypten als auch für ihre Umgebung charakteristisch.

Die Fremdlingsformen, Fremdlingsfaktoren usw. dürfen nicht mit einem fremden Glied der Landschaft verwechselt werden. Als fremde werden solche Glieder betrachtet, die nicht unter den vorliegenden Bedingungen entstehen können. Obgleich der Nil eine Fremdlingsform der Wüste ist (Passarge 1933, S. 57), gehört er nicht zu ihren fremden Gliedern, denn er entsteht unter den heute in der Landschaft vorhandenen Bedingungen. Die ausgetrockneten Nebenflüsse des Nils (Aufrère 1931, S. 875) und andere Wadis der Sahara dagegen sind in Bezug auf die gegenwärtig in der Sahara vorherrschenden Bedingungen fremd.

¹⁾ Jäger (Jäger 1928) nennt sie *landfremde* (landfremdes Wasser) und *landeigene* Faktoren.

Tab. 37. Fremdlings- und Heimatsfaktoren*).

	Faktoren	Wirkungsgebiete	Übertragungsweise der Wirkung	Resultate der Wirkung
Fremdlingsfaktoren	Regenreiche Gebirgsländer: Abessinien (Addis Abeba 126 cm) Hindukusch Hochland v. Bihe	Wasserarme Wüsten: Sahara (Kairo 3,2 cm) Turan Kalahari	Flüsse: Nil Murghab Kubango	Entstehung wasserreicher Regionen in Trockengebieten: Kulturoase von Ägypten Flussoase von Merw Ngami
	Warme Meeresströmungen: Golfstrom Guineastrom	Küstenländer: Britische Inseln Kamerun	Luftströmungen	Grosse Niederschlagsmenge: Westküste Schottlands 189 cm Debundja 1047 cm
	Tropisches Meer: Antillenmeer Malaiisches Meer	Gemässigte Zone: Westeuropäisches Meer Westkanadisches Meer	Meeresströmungen: Golfstrom Kuroschio, Aleutenstrom	Vordringen warmen Wassers in die gemässigte Zone: Entstehung relativ warmer Meeresregionen
	Europäische Staaten: England	Schwach bestedelte Länder: Nordamerika	Verkehr	Gründung von Kolonien: Kanada
Faktoren, die der Landschaft und ihrer Umgebung gemeinsam sind	Wüstenklima Sahara — Arabien Turan	Wasserbecken in Wüsten: Rotes Meer Karabugas		Entstehung salzreicher Wasseransammlungen: Grosser Salzgehalt (bis 40‰) Ablagerung von Glaubersalz
	Ungleitmässige Landhebung: Fennoskandien	Seengebiete: Puulasee		Vorrücken der Seen nach Südosten
Heimatsfaktoren	Geologischer Untergrund: Silurischer Kalkstein	Bodengebiete: Nordestland		Intrazonale Böden: Richkböden
	Flache Vertiefung: Selgus	Gemässigte Zone: Selgus		Entstehung der Moore: Moorisoo

* Nach Andrusow (1916), Schokalski (1917), Hann (1910 u. 1911), Meinardus (1934) u. a.

Von grosser Wichtigkeit ist die Ausbreitungsweise der Einflüsse von Fremdlingsfaktoren. Man unterscheidet hier zwei extreme Fälle. Ein Fremdlingsfaktor kann seinen Einfluss in vielen Richtungen ausbreiten. So tun sich die atlantischen Einflüsse des Golfstroms in ganz Westeuropa kund. Andererseits werden schmale Ausbreitungswege der Einflüsse von Fremdlingsfaktoren beobachtet. Das sind talähnliche, gewöhnlich geneigte Bodenformen, die reiches Wasser aus niederschlagsreichen Gebirgsländern oder grossen Wasserbecken in die Wüsten führen, wie das Tal von Murghab (Makejew 1932), die Strasse von Karabugas (Andrusow 1916), ferner das Goldene Tor bei San Francisco (Hann 1911, S. 351).

Es gibt ferner Gebiete, worin bestimmte Bedingungen beobachtet werden, die das Vorrücken der Einflüsse eines Fremdlingsfaktors begünstigen. Einen Streifen begünstigter Bewegung beobachten wir z. B. im Gebiete des Westeuropäischen Meeres (Markus 1930 d), wo die atlantische Wärme den Golfstrom entlang weit nach Norden vordringt (Abb. 13) und die Januarisothermen stark polwärts ausgebuchtet werden (Hettner 1923, S. 23).

Wenn man bestimmte sich verschiebende Erscheinungen behandelt, so kann man oft einen Komplex anderer Erscheinungen feststellen, welche Hindernisse für die Verschiebung der erstgenannten Erscheinungen bilden. Solche Hindernisse können als Grenzschränken (Sölch 1924, Markus 1932) betrachtet werden. Eine wichtige klimatische und biogeographische Grenzschränke z. B. bildet ein hohes Gebirge, das die Ausbreitung der Einflüsse warmer Meeresströmungen behindert, Wanderungen der Tiere beeinflusst usw. Eine völkerscheidende Kraft haben weite Moorgebiete, schwer zu durchdringende Galeriewälder mit Sumpfstreifen (Haushofer 1927, S. 179) u. a. Ferner gehören zu den Grenzschränken die Gebiete des Zusammentreffens von Faktoren entgegengesetzter Richtung, wie die ozeanische Polarfront usw.

Grenzschränken bilden gewöhnlich die Grenzlinien der Verbreitungsgebiete der entsprechenden Erscheinungen, d. h. die Grenzen der Einflüsse des relativ warmen Westkanadischen Meeres (Kordilleren), des relativ warmen Westeuropäischen Meeres (Isländische Polarfront) usw. Wenn eine Grenzschränke die Form eines Bogens hat und dabei der durch Grenzschränken von drei Seiten umgebene Raum in der Richtung eines bestimmten Fremdlingsfaktors geöffnet ist, so entsteht in diesem Raum eine Land-

Tab. 38. Landschaftsbuchten.

Landschaftsbucht	Bedingungen		Folgerscheinungen
	Bogenförmige Grenzschanke	Geöffnet in der Richtung des Fremdlingsfaktors	
Tiefland des Rion	Kaukasus mit den Transkaukasischen Gebirgen	Westliche, vom Meere wehende Winde (Schwarzes Meer, Atlantischer Ozean)	Regenreiches Gebiet: jährliche Niederschlagsmenge > 150 cm
Tiefland der Kura " der Walachei " des Po	Kaukasus mit den Transkaukasischen Gebirgen Balkan mit den Karpaten Alpen mit den Apenninen	Östliche, von kontinentalen Ländern wehende Winde } Turan } kontinentales Osteuropa	Verhältnismässig niederschlagsarme Gebiete } jährliche Niederschlagsmenge } < 40 cm } < 50 cm } < 75 cm
Rhonebecken	Alpen mit den Cevennen	Warme Gebiete (Süden, Meere) } Mittelmeer } Atlantischer Ozean	Warme Länder Vordringen des Öl- und des Dattelpalme und Maulbeerbaumes längs dem Tiefland weit nach Nord-osten (Hettner 1923, S. 116 u. 285)
Tiefland von Andalusien	Sierra Nevada mit der Sierra Morena		
Norwegische Klimabucht	Skandinavische Gebirge mit der Isländischen Polarfront	Warmes, aus den Tropfen strömendes Wasser	Warmer Winter

schaftsbucht (Tab. 38), die den Einflüssen des genannten Fremdlingsfaktors unterworfen ist und oft weit in das Wirkungsgebiet eines anderen Faktors hineinreicht. Das sind gegen Meere und kontinentale Länder gerichtete offene Beckenlandschaften, wie das regenreiche Tiefland des Rion, das warme Rhonebecken u. a. Besonders weit in das polare Gebiet dringt die norwegische Klimabucht des warmgemässigten atlantischen Klimagebietes ein (Abb. 13 u. 17).

Wenn in einer Grenzschranke eine Lücke, d. h. eine solche Stelle vorhanden ist, die die Verschiebung bestimmter Erscheinungen nicht behindert oder sogar sie begünstigt, so kann diese Lücke als Pforte bezeichnet werden. Die Anthropogeographie kennt eine Dsungarische Pforte in Asien, ein Völkertor zwischen dem Ural und dem Kaspischen See usw.

Zwischen der Sierra-Nevada und den Küstenkordillern liegt ein grosses, von Bergen umringtes Bassin, das mit dem Pazifischen Ozean durch das Goldene Tor in Verbindung steht. Die Stadt Sacramento, die sich in diesem Bassin befindet, hat ein ziemlich kontinentales Klima, die Jahresschwankung der Temperatur beträgt hier 15° (Hann 1911, S. 351) und die Monatstemperatur erreicht ihr Maximum schon im Juli (22.4°). San Franzisko aber, das am Goldenen Tor liegt, befindet sich im Sommer unter dem Einfluss der von dem kalten Kalifornischen Strom durch das Goldene Tor einströmenden kühlen Luft, weshalb Juli und August in San Franzisko kälter sind als der September und die Jahresschwankung der Temperatur nur 5.5° erreicht.

Als klimatische Pforten erscheinen die Quertäler, die Gebirgsketten durchqueren (Goldenes Tor in den Küstenkordillern), ferner ein zwischen zwei Wasserbecken liegender Kontinent (Ausbuchung der Januarisothermen zwischen der Ostsee und dem Schwarzen Meer, Abb. 13), dann eine zwischen einem Meeresbecken und den Bergen sich befindende Ebene, ein zwischen zwei Kontinenten liegendes Wasserbecken.

6. Kreuzungsgebiete.

Wenn ein Gebiet unter dem Einflusse zweier oder mehrerer Fremdlingsfaktoren sich befindet, so bildet es ein Kreuzungsgebiet dieser Faktoren.

Bei der Behandlung eines Kreuzungsgebietes untersucht man

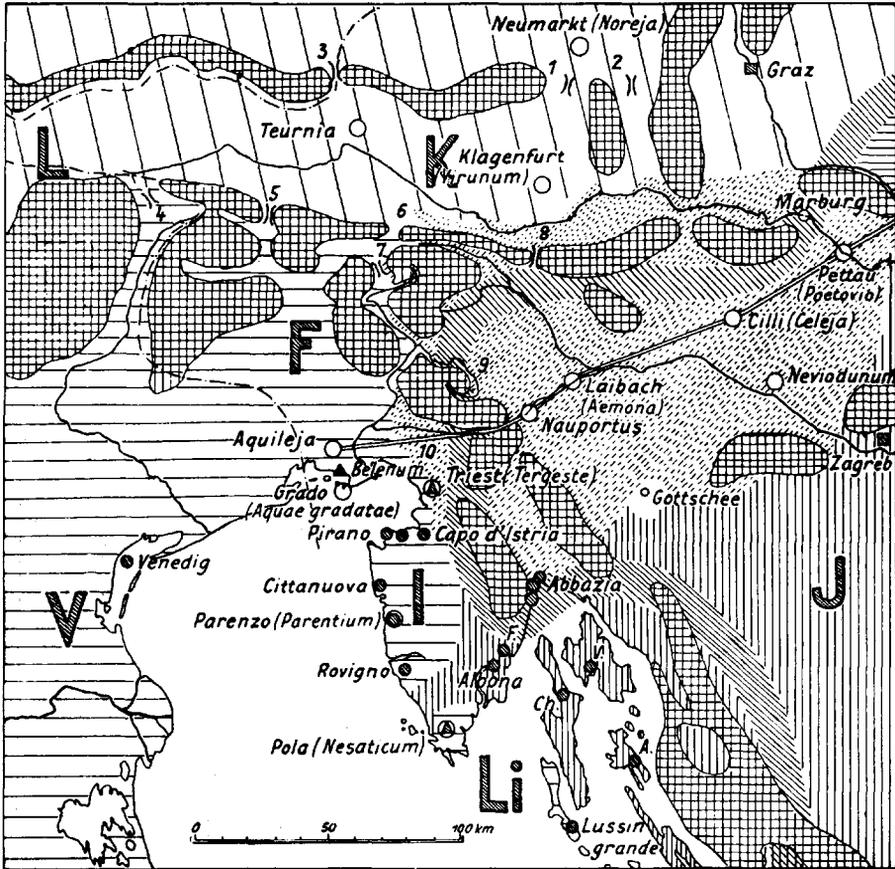
die Grundbedingungen, die diesem Gebiet eigen sind, stellt die Faktoren auf, deren Wirkungsgebiete hier zusammentreffen, und behandelt die Resultate der Kreuzung, d. h. man betrachtet diejenigen Erscheinungen, die infolge der Kreuzung entstehen.

Der Julische Kulturbereich (Hochholzer 1931a) (Tab. 39, Abb. 14 u. 40) liegt zwischen den Alpen und der Adria. Eine seiner wichtigsten Grundbedingungen bildet das hohe Gebirge — die Alpen, die als eine Grenzschanke erscheinen. Diese Grenzschanke trennt die Apenninenhalbinsel von dem kontinentalen Teil Europas, sonderte früher das römische Kulturland von den nördlichen Ländern, bildet heute eine Grenze der Sprachen, Völker und Staaten (Frankreich / Italien, Österreich / Italien usw.). Eine andere Grenzschanke bildet das Adriatische Meer, das eine Fortsetzung der oben erwähnten Grenzschanke darstellt und eine Grenze zwischen den slavischen und den romanischen Völkern bildet.

In der aus den Alpen und dem Adriatischen Meer zusammengesetzten Grenzschanke befindet sich eine Pforte — ein verhältnismässig niedriges Land, das eine Durchgangslandschaft bildet, und das in geschichtlicher Zeit viele Völkerstrassen durchzogen haben. Durch diese Pforte ging eine römische Verkehrsstrasse, die Rom mit der Ostsee verband. Durch sie drangen viele Völker in die Apenninenhalbinsel ein. Hier kreuzen sich Sprachgebiete, treffen Staaten zusammen (Italien und Südslavien).

Ferner beobachten wir in Europa eine ostwestliche Hauptrichtung der Völkerwanderungen in geschichtlicher Zeit (Dainelli 1933, S. 10). Von Osten kamen und drangen durch die Julische Durchgangslandschaft auf die Apenninenhalbinsel die Westgoten, die Hunnen, die Ostgoten, die Langobarden u. a.

Die Faktoren, unter deren Einfluss der Julische Kulturbereich sich entwickelt hat, sind anthropogeographischer Art. Hier befindet sich der Grenzbereich der Sprachen, der Völker, der staatlichen Gebilde, der politischen Ideen und der Sitten. Zwischen den Alpen und dem Adriatischen Meer sind viele Völker zusammengetroffen, die dieses Land durchzogen haben. In neuester Zeit lernt man hier eine Grenzerweiterung der romanischen und slavischen Völker kennen. Im Julischen Kulturbereich wird ein Mischungsgebiet der Sprachen festgestellt. Hier haben sich früher drei Kulturen — die pannonisch-byzantinische, die germanisch-mitteleuropäische und die mediterrane miteinander berührt.



- | | | | |
|---|--|--|---|
| | Die Hochgebirgsmassive und die urwaldbedeckten Mittelgebirgsschollen der Landschaft. | | Ungarischer Volksbereich. |
| X | Wichtige Pässe, seit vorgeschichtlichen Zeiten begangen. | | Vorrömische Kulturzentren. |
| | Deutscher Volksbereich. | | Römische Kulturzentren: römische Städte auf älterer Grundlage. |
| | Italienischer Volksbereich. | | Venet. Stadtgründungen; venet. Städte auf älterer (römischer) Grundlage. |
| | Siowenischer Volksbereich. | | Slawische Ortsgründungen, Grenze der ehemaligen Alpenlawen gegen bajuwarisches, langobardisches und ladinisches Gebiet. |
| | Kroatischer Volksbereich. | | Die große „Weltkulturzone“ Mitteleuropas im Sinne O. Lehmanns und E. Hansliks (als Resultierende aus Völkergrenzen und Gebirgsumwallung). |
| | | | Die Römerstraße von Aquileja nach Poetovio (Richtung der prähistorischen „Bernsteinstraße“). |

Abb. 40. Kulturgeographische Übersichtskarte des Julischen Kulturbereichs (Hochholzer 1931 a).
 F — Friaulier, I — Ister, J — Japuden, K — Karner, L — Ladiner, Li — Liburner, V — Veneter; 1, 2, 3 ... Pässe, Senken, Täler.

Tab. 39. Kreuzungsgebiet:
Julischer Kulturbereich.

		Bedingungen	Folgeerscheinungen
Grundbedingungen der Entstehung des Kreuzungsgebietes	Grenzlinie	1. Grenzschanke : Hochgebirge — Alpen und Adriatisches Meer	Landschaftsgrenze : Apenninenhalbinsel / übriges Europa Sprach- und Völkergrenze: Italiener / Franzosen, Deutsche, Slaven Staatengrenze: Italien / Südslavien Kulturgrenze: Weltkulturgrenze zwischen byzantinischen und westlich-germanisch-italienischen Kultureinflüssen
		2. Pforte, die in dieser Grenzschanke vorhanden ist: ein verhältnismässig niedriges Land zwischen den Alpen und dem Adriatischen Meer	Durchgangslandschaft: Möglichkeit des Verkehrs zwischen der Apenninenhalbinsel und dem übrigen Europa Grosse Völkerstrassen: Rom-Ostsee Völkerwanderungen
	Voneinander getrennte Gebiete	3. Durch die Grenzschanke voneinander getrennte Länder: Europa und das von ihm getrennte Kulturzentrum von Rom sowie die reich gesegnete subtropische Apenninenhalbinsel	Verwendung der Pforte für den Verkehr: Völkerwanderungen
		4. Ostwestliche Haupttrichtung der Völkerwanderungen	Eindringen der Westgoten, Hunnen, Ostgoten, Langobarden u. a. durch die Julische Durchgangslandschaft auf die Apenninenhalbinsel
		5. Berührung der Völker, Staaten und Kulturen in der Pforte	Entstehung eines Grenzbereiches der Sprachen, Völker und Sitten, der politischen Ideen, staatlichen Gebilde usw.

Kreuzungserscheinungen

<p>Rassenmischung</p>	<p>Merkmale der dinarischen Rasse, die seit der jüngeren Steinzeit „bodenständig“ war. Die nordische und die ostische Rassenkomponente wurden zur Zeit der grossen europäischen Völkerwanderungen hereingebracht. Die mediterrane Rassenkomponente kam von den südlichen Mittelmeergestaden in frühgeschichtlicher Zeit. Die alpine Rasse ist der somatische Überrest einer Bewohnerschaft, die ihrer Kultur nach zur etruskischen Schicht und ihrem Volkstum nach zu den rhätischen Stämmen Tirols gehört haben mag</p>
<p>Mischung der Völker</p>	<p>Entstehung eines Mischvolkes, der Friaulier, aus den Resten römischer Bewohner um Aquileja, aus Kelten, Germanen und Slovenen</p>
<p>Kreuzung der Sprachen</p>	<p>Keltisch-illyrische, slavische, germanisierte, rein deutsche, frühromanische und italienische Orts- und Landschaftsnamen: Beligna — Belenum (von Belenus) Die Sprache der Friaulier bestand aus frühitalienischen, langobardischen, keltischen und slavischen Elementen</p>
<p>Kreuzung der wirtschafts-geographischen Erscheinungen und staatlichen Gebilde</p>	<p>Das militärische Übergreifen der Italiener in den Volksbereich der Slovenen. Planmässige Kolonien Gründung der Römer ausserhalb des Gebietes der Veneter, also schon im keltisch-karnischen Bereich, an einem grossen Handelswege, der Rom mit der Ostsee verband Entstehung geographischer Vorposten: Aquileja</p>

Im Resultate der Kreuzung entsteht im Kreuzungsgebiet eine Gesamtheit der Erscheinungen, die durch die Wirkung einzelner Faktoren hervorgerufen werden. Wenn wir z. B. die im Julischen Kulturbereich vorkommenden Völker rassenkundlich untersuchen, so ist die heutige Bevölkerung das Ergebnis einer vielfältigen Rassenmischung zwischen dinarischer, ostischer, nordischer, mediterraner und alpiner Rasse. Während nordische und ostische Elemente von jenen Völkern mitgebracht wurden, die an den grossen europäischen Völkerwanderungen teilnahmen, ist die dinarische Rasse im Ostteil unseres Gebietes seit der jüngeren Steinzeit gleichsam „bodenständig“ (Hochholzer 1931 a), da sie die Stammrasse der Illyrier darstellt. Die mediterrane Rassenkomponente kam von den südlicheren Mittelmeergestaden auch bereits in frühgeschichtlicher Zeit in unsere Gegenden. Die alpine Rasse ist der somatische Überrest einer Bewohnerschicht, die ihrer Kultur nach zur etruskischen Schicht und ihrem Volkstum nach zu den rhätischen Stämmen Tirols gehört haben mag. Ausser dem Mischungsgebiet der Rassen weist der Julische Kulturbereich andere Kennzeichen auf, die von der Kreuzung der hier sich kundgebenden Faktoren zeugen. So wechseln hier die keltisch-illyrischen Ortsnamen mit den slavischen, germanischen und romanischen usw.

Jeder Faktor ruft im Kreuzungsgebiet die Entstehung ihm entsprechender Glieder hervor. Wenn nun die Faktoren in verschiedenen Zeiten wirksam waren, so findet man im Kreuzungsgebiet allen diesen Faktoren entsprechende Kennzeichen, wobei die in späterer Zeit wirksam gewordenen Faktoren die früher gebildeten Glieder des Kreuzungsgebietes oft verändert haben. Wenn die Faktoren gleichzeitig auf ihr Kreuzungsgebiet einwirken (Tab. 40), so können ausser den den einzelnen Faktoren entsprechenden Gliedern durch das gleichzeitige Zusammenwirken vieler Faktoren spezielle, neue Erscheinungen hervortreten, die in dem Wirkungsgebiet jedes einzelnen Faktors nicht beobachtet werden. Während z. B. die Nebel sowohl im Gebiete des Labrador- als auch des Golfstroms ziemlich selten auftreten, bildet das Kreuzungsgebiet des kalten polaren Wassers und des warmen Wassers der Westwindzone in der Umgebung von Neufundland das typischste Nebelgebiet der Erde mit seinen Eisbergen usw. Bei der Kreuzung kalter und warmer Luft bilden sich Niederschläge, die für die Kalt- und Warmfront charakteristisch sind.

Tab. 40. Kreuzung geographischer Faktoren¹⁾.

Gebiete	Faktoren	Resultate der Wirkung	
		von einem einzigen Faktor bedingte	durch das Zusammenwirken der Faktoren hervorgerufene
Ozeanische Polarfront	1. Kalte Meeresströmung	Kaltes Oberflächenwasser, Eisberge	Nebelreichtum Grosse Temperaturschwankungen des Oberflächenwassers (15°–22°)
	2. Warme Meeresströmung	Warmes Oberflächenwasser	
Nordatlantik südlich von Neufundland	Labrador und Golfstrom		Scharung der Isothermen des Oberflächenwassers Rasche Vertiefung der Zyklogen
Umgebung von Hokkaido	Oyaschio und Kuroschio		
Berührungsgebiet zweier Völker	Nationale Einflüsse von verschiedener Richtung	Vorkommen der Vertreter zweier Völker im Berührungsgebiet	Mischungsgebiete der Völker, Sprachen und Sitten Ortsnamen, die Elemente verschiedener Sprachen enthalten
Setukesien (Estland)	Esten, Russen		Estifizierung russischer Ortsnamen: Zaputje (russ.) — Saptja (estn.)
Julischer Kulturbereich	Rassen, Sprachen, Kulturen, Staaten	Rein slavische Ortsnamen	Germanisierte Ortsnamen, Mischvolk — Friaulier (s. Tab. 39)

7. Vorposten.

Wenn die Grenze zweier geographischer Gebiete sich verschiebt, so dringen die Glieder des vordringendes Gebietes in das zurückweichende Gebiet ein, beginnen sich zu entwickeln und verstärken oft die Erscheinungen der Grenzverschiebung. Das *Sphagnum* z. B., das in einen flachen Wald vorrückt, bildet im Walde kleine, verstreute Polster, die allmählich wachsen und über den ganzen Wald transgredieren, während der Wald ausstirbt (Markus 1932, S. 21). In solchen Fällen sprechen wir von **Vorposten** der vordringenden Gebiete. Illustrieren wir die Wichtigkeit der Vorposten für die Grenzverschiebung durch die Charakte-

¹⁾ Nach Schott (1926), Hochholzer (1931 a), Markus (1936) u. a.

risierung der Tätigkeit des Klosters von Petseri, das sich im südöstlichen Teil von Estland, in der Stadt Petseri befindet (Tab. 41) (Tammekann 1934, Markus 1936).

Die Grundbedingungen, die die Tätigkeit des Klosters bedingen, sind folgende.

Durch Setukesien zieht sich die westliche slavische Sprachgrenze, die die Slaven von den westlich von ihnen lebenden Völkern trennt. Diese Grenze beginnt in der Nähe von Narva, fällt mit der Peipuslinie zusammen, durchquert Setukesien und umgibt von Osten Lettland, Litauen und Ostpreussen. Im Untersuchungsgebiet laufen die Verbreitungsgebiete der Slaven (Russen), der Fenno-Ugrier (Esten) und der Balten (Letten) zusammen.

Auf der estnisch-russischen Sprachgrenze liegt eine wichtige Grenzschanke — die Peipuslinie, die im Kapitel II, 7 besprochen wurde (Tab. 8). Setukesien bildet eine unmittelbare Verlängerung der Peipuslinie in südlicher Richtung. Hier befindet sich ein ebenes Land — ein schrankenfreies Gebiet, weshalb die mit der Peipuslinie zusammenfallenden anthropogeographischen Grenzlinien in südlicher Richtung auseinandergehen (Abb. 14 u. 15 b).

Weiter lenkt unsere Aufmerksamkeit auf sich der Drang der Slaven nach Westen, zur Ostsee, der schon in der jüngeren Eisenzeit begonnen und bis in die neueste Zeit fortgedauert hat.

Der Drang der Slaven nach Westen hat in Setukesien die Grenzverschiebung zwischen Esten und Russen hervorgerufen.

Es ist mir gelungen, die Verschiebung der estnisch-russischen Sprachgrenze in den letzten zwei Jahrhunderten genauer zu untersuchen. Es gibt in Setukesien nur wenige russische Dörfer, die früher von der estnischen Bevölkerung umgeben waren und infolgedessen estnisch geworden sind. An der östlichen Grenze des estnischen Sprachgebietes dagegen werden viele Dörfer konstatiert, die in den letzten Jahrhunderten allmählich russifiziert worden sind. In einem solchen Dorf — Koväslova — gibt es z. B. sieben estnische und sieben russische Familien. Man kann sogar Stadien der Verschiebung der Sprachgrenze aufstellen und beweisen, dass die östliche estnische Sprachgrenze in den letzten Jahrhunderten allmählich nach Westen zurückgewichen ist.

Die Tätigkeit des Klosters ging unter dem Schutze

Tab. 41. Geographischer Vorposten:
Orthodoxes Kloster von Petseri.

		Faktoren	Folgerscheinungen
Grenzgebiet: westliche Grenze der slavisch-orthodoxen Kultur	Grenzzlinie	Drang der Slaven nach Westen zur Ostsee Widerstand der das Ostbaltikum besiedelnden Völker	Peipussee als Grenzschranke
	Ihre südliche Verlängerung		
		Peipuslinie: Zusammenfallen der a) Staats- b) Völker- u. Sprach- und c) Kulturgrenzen	Russland / Orden, Schweden, Estland Fennougrier / Slaven lutherische / orthodoxe Religion lateinische / russische Schrift
			Auseinanderlaufen der Staats-, Völker-, Sprach- und Kulturgrenzen
Kreuzungsgebiet		Völker: Esten / Russen Kulturen: slavisch-orthodoxe / protestantische Kultur Staaten: Russland / Orden, Schweden, Estland	Mischungsgebiet der Völker und Sprachen: gemischte Ehen, mosaikartiges Ineinandergreifen estnischer und russischer Landstriche Ortsnamen: gemischte, estnische, russische Volk westlicher, Kultur westlicher und östlicher Abstammung: Setu-Esten, Folklore estnisch. Religion orthodox; slavischer Charakter der Gebäude und Siedlungen; grosse Zahl der Analphabeten Häufige Kriege in geschichtlicher Zeit um den Besitz des Landes, besonders zwischen dem Orden und Russland
Grenzverschlebung		Drang der Slaven nach Westen in den letzten Jahrhunderten	Verschiebung der estnisch-russischen Sprachgrenze von Osten nach Westen Russifikation estnischer Gemeinden im vorigen Jahrhundert
Vorposten		Vorstoss der slavisch-orthodoxen Kultur Russische Staatsidee	Kolonisierung der Umgebung des Klosters: zahlreiche Wottschinen des Klosters in seiner Umgebung, grosse slavische Sprachinsel in der Umgebung des Klosters Ausbreitung der griechisch-katholischen Religion

der westlichen russischen Staatsgrenze vor sich, die die Setukesen — d. h. die Esten Setukesiens — von dem lückenlosen estnischen Sprachgebiet lange Zeit abtrennte.

Setukesiens bildet das Kreuzungsgebiet von Faktoren, die östlicher wie westlicher Abstammung sind. Aus dem Osten drang in Setukesiens die slavisch-orthodoxe Kultur, die russische Staatsidee usw. vor. Westlichen Charakter tragen die estnisch-lutherische Kultur, die Ideen der westlichen Staaten u. a. Infolge der Kreuzung östlicher und westlicher Einflüsse empfing Setukesiens Merkmale, die verschiedener Herkunft sind. Das in Setukesiens lebende Völkchen — die Setukesen — gehört zu den Esten, und ihre Sprache erscheint als eine südestnische Mundart. Von Westen haben die Setukesen den grössten Teil ihrer Folklore, ihre Kleidung u. a. bekommen. Von Osten dagegen ist nach Setukesiens die griechisch-katholische Religion, der slavische Charakter der Gebäude u. a. eingedrungen. Da Setukesiens früher zum Pleskauer Gouvernement gehörte, finden sich unter den Setukesen viele Analphabeten. Die Ortsnamen sind estnischer (Alaotsa) oder russischer (Sokolova) Abstammung; oft enthält ein Ortsname neben dem russischen Suffix einen fenno-ugrischen oder sogar einen baltischen Stamm (Trusmann 1897), oder die russischen Ortsnamen sind estifiziert (Zaputje — Saptja).

Infolge der Verschiebung der estnisch-russischen Sprachgrenze ist in Setukesiens ein estnisch-russischer Mischungsraum entstanden, wo die Sprachinseln der Esten und der Russen mosaikartig ineinander greifen.

Das Kloster von Petseri liegt somit im Grenzgebiet der estnisch-lutherischen und der slavisch-orthodoxen Kultur, wurde ins Sprachgebiet der Esten verlegt und bildete einen Vorposten der slavisch-orthodoxen Kultur. Heute befindet es sich im estnisch-russischen Mischungsraum.

Das Kloster wurde von Russen im XV. Jahrhundert im Tale des kleinen Flusses Kamenka gegründet. Die Kamenka hat ihr Bett tief in den roten Devonsandstein hineingeschnitten, in die lange Höhlengänge eingegraben sind, wo Kirchen und Katakomben eingerichtet wurden. „Höhle“ heisst russisch пещера, und mit diesem Worte wurde später auch die Stadt bezeichnet, die in der Umgebung des Klosters entstand (russisch Petschory, estnisch Petseri, deutsch Petschur). Seine Blüte erreichte das Kloster im XVI. Jahrhundert, zur Zeit seines hervorragenden Vorstehers Kornelius (Serebjanski 1908).

Um das Kloster wurde eine grossartige Mauer aus Kalkstein erbaut, und es erwarb viel Ackerland, Wiesen usw. Noch im Jahre 1749 gehörten dem Kloster bis 4000 Menschen an.

Die Umgebung des Klosters bildet eine homogene slavische Sprachinsel, die ein fruchtbares, leicht welliges, schwach drumlinisiertes Land einnimmt und einen Durchmesser von 12—13 km hat. Die Setukesen dagegen siedeln in dem weniger fruchtbaren Teile von Setukesien: eine unruhige Moränenhügellandschaft, weite Sandflächen und wenig fruchtbare Grenzteile des drumlinisierten Gebietes. Nach den Urkunden des Klosters (Urkunden 1646, 1686, 1711) und einiger Kirchen von Setukesien befanden sich vor Jahrhunderten in der Umgebung des Klosters mehr als 70 Güter (Wottschina) des Klosters, während südwestlich vom Kloster alle Dörfer dem Kloster gehörten. Nach den verheerenden Kriegen schenkte der Zar Iwan IV. dem Kloster menschenleere Dörfer (Russische „Letopisi“ IV, 1848, S. 307 f.), während die Aufgabe des Klosters war, diese Dörfer zu besiedeln (Serebrjanski 1908, S. 414). So entstand die erwähnte slavische Sprachinsel im Resultate der Kolonisierungstätigkeit des Klosters. Neben dieser Tätigkeit breitete das Kloster unter den Esten die orthodoxe Religion aus, bildete einen wichtigen Stützpunkt in Kriegszeiten usw.

Das Kloster hat heute seine frühere Bedeutung verloren. Seine frühere Tätigkeit aber bildet für uns eine glückliche Gelegenheit für die Charakterisierung des Wertes eines Vorpostens für die Grenzverschiebung. Unter seinem Einflusse ist in Setukesien, in der unmittelbaren Umgebung des Klosters, in einem früheren estnischen Sprachgebiet ein estnisch-russisches Mischungsgebiet entstanden, wo sich russifizierte Dörfer finden, und wo in das estnische Sprachgebiet slavische Sprachinseln eingedrungen sind. Das Mischungsgebiet ist am umfangreichsten in der Umgebung des Klosters, während es sich sowohl in südlicher als auch in nördlicher Richtung stark verschmälert.

VI. Komplexe und Typen.

1. Kleinste Naturkomplexe.

Eine Landschaft zerfällt in eine Anzahl von einzelnen Teilen, die kleinere Landschaften darstellen. Wenn wir Landschaften in kleinere Einheiten teilen, so werden wir zuletzt zu kleinsten gelangen, die man nicht weiter aufteilen kann, ohne den Begriff der Landschaft aufzugeben.

Als kleinste Naturkomplexe werden solche betrachtet, die homogene Elemente aufweisen. Erörtern wir deshalb die Frage, wie man die Homogenität eines Naturkomplexes nachprüfen soll.

Um die Homogenität eines bestimmten Individuums der Naturkomplexe nachzuprüfen, beschreibt man eine Anzahl von Abschnitten dieses Individuums und vergleicht sie miteinander.

Im zentralen Teil der Moorbucht von Lauge steht ein junger Birkenwald (Karte 41, VI b), der 700 m lang und 250 m breit ist. Die 8—15 m hohe Birke *Betula pubescens* ist gesund und stattlich. Zwischen den Birken finden sich Kiefern und Fichten.

Die Tabelle 42 behandelt 10 Probeflächen (1—10) aus dem genannten Birkenwalde und alle in diesen Probeflächen auftretenden Pflanzenarten. Sie zeigt, dass die Vegetation des Birkenwaldes durch zehn Konstanten charakterisiert wird. Das sind: *Betula pubescens* W.¹⁾, *Pinus silvestris* W., *Picea excelsa* G., *Aira caespitosa*, *Angelica silvestris*, *Carex panicea*, *Comarum palustre*, *Geum rivale*, *Pirola secunda* und *Potentilla tormentilla*. Einen Konstanzgrad von IV erreichen *Juniperus communis*, *Rhamnus frangula*, *Aspidium spinulosum*, *Carex flava*, *Carex Goodenoughi*, *Cirsium palustre*, *Filipendula ulmaria* und *Menyanthes trifoliata*. Somit haben die beschriebenen Probeflächen viele gemeinsame Pflanzenarten: konstant sind zehn Arten, den Konstanzgrad IV und V erreichen 18 Arten. Andere Arten sind über die 10 Probeflächen gleich-

¹⁾ W. = Waldschicht, G. = Gebüschschicht.

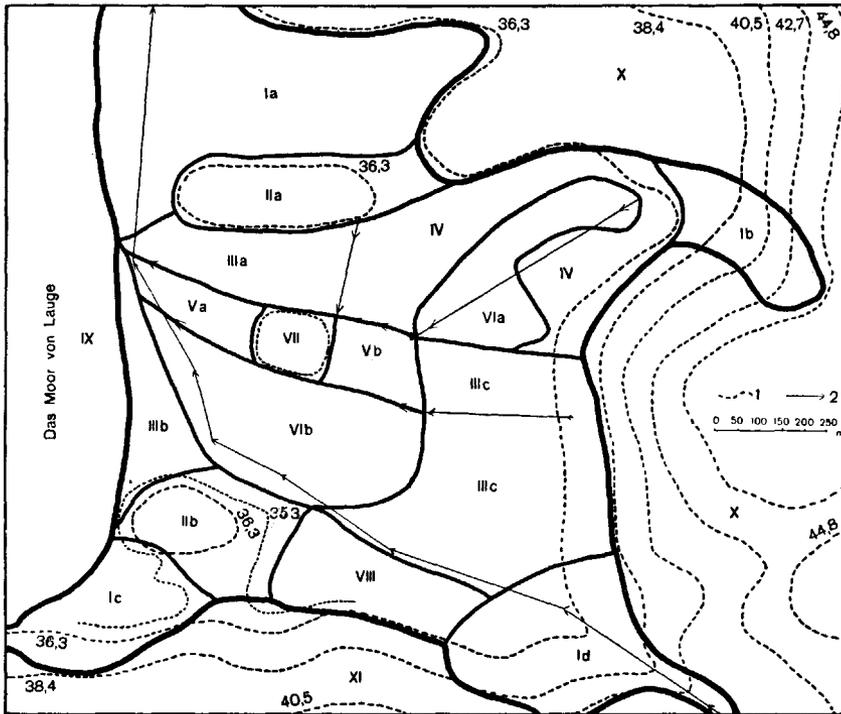


Abb. 41. Südöstliche Moorbucht von Lauge (Markus 1933).

Punktlinien (1) — Isohypsen (die Zahlen zeigen die Höhe über dem Meeresniveau in Metern)

Pfeile (2) — Richtung des Wassers in den Gräben. Nord oben.

Landschaftsverbände der Moorbucht:

- I. Erlenbruchmulden.
- II. Flacher Espenwall.
- Dränirtes Niedermoor:
- III. Wiese.
- IV. Weide.
- V. Torfgruben.
- VI. Wald.
- VII. Erlenbuckel.
- VIII. Echtes Niedermoor.

Umgebung der Moorbucht:

- IX. Echtes Moor von Lauge.
- X. Ackerland.
- XI. Espenwald.

mässig verteilt, wobei keine einzige Probefläche nur ihr eigene Arten enthält. Kurz gesagt, die Zusammensetzung der Vegetation

Tab. 42. Die Vegetation des dränierten
Niedermoores

(Markus 1933).

Pflanzenarten	Probeflächen											K. ¹⁾	B. ²⁾	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Waldschicht													V	4
<i>Betula pubescens</i>	5	5	5	5	4	3	4	3	2	1		V	4	
<i>Pinus silvestris</i>	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1		V	1	
<i>Picea excelsa</i>	1		1	1		1						II	1	
Gebüschschicht													V	1
<i>Picea excelsa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1		1		V	1	
<i>Betula pubescens</i>				1	1	3	1	1	3	1		IV	1	
<i>Juniperus communis</i>	1	1		1	1	1	1	1	1	1		IV	1	
<i>Rhamnus frangula</i>	1			1	1	1	1	1	1	1		IV	1	
<i>Betula humilis</i>					1			1	1			II	1	
<i>Sorbus aucuparia</i>	1							1	1			II	1	
<i>Alnus incana</i>				1								I	1	
<i>Pinus silvestris</i>							1					I	1	
<i>Populus tremula</i>		1					1					I	1	
<i>Ribes nigrum</i>							1	1				I	1	
<i>Viburnum opulus</i>							1					I	1	
Feldschicht													V	4
<i>Aira caespitosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		V	1	
<i>Angelica silvestris</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		V	1	
<i>Carex panicea</i>	3	1	1	1	2	2	1	3	2	1		V	2	
<i>Comarum palustre</i>	1	1	1	1	1	4	1	2	1	2		V	1	
<i>Geum rivale</i>	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1		V	1	
<i>Pirola secunda</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1			V	1	
<i>Potentilla tormentilla</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		V	1	
<i>Aspidium spinulosum</i>	1	1	1	1	1	1				2		IV	1	
<i>Carex flava</i>	1	1		1	1	1		1	1	2		IV	1	
<i>Carex Goodenoughi</i>	1	1		1		1	1	1		2		IV	1	
<i>Cirsium palustre</i>	1	1	1	1		1		1	1	1		IV	1	
<i>Filipendula ulmaria</i>			1		2	1	1	1	2	1		IV	1	
<i>Menyanthes trifoliata</i>	1	2	1	1		1	1	1		1		IV	1	
<i>Agrostis alba</i>	1	1	1	1	1				1			III	1	
<i>Fragaria vesca</i>		1	1	1					1	1		III	1	
<i>Galium uliginosum</i>	1	1	1			1	1	1				III	1	
<i>Peucedanum palustre</i>	1			1	1	1		1				III	1	
<i>Ranunculus cassubicus</i>	1	1	1	1	1					1		III	1	
<i>Brunella vulgaris</i>		1	1		1	1						II	1	
<i>Caltha palustris</i>		1	1	1			1					II	1	
<i>Carex rostrata</i>	1							1		1		II	1	
<i>Equisetum heleocharis</i>		1	1				1	1				II	1	
<i>Equisetum silvaticum</i>					1	1		1		1		II	1	
<i>Eriophorum latifolium</i>				1			1			1		II	1	
<i>Ranunculus repens</i>			1		1		1			1		II	1	

1) K. = Konstanzgrad. 2) B. = Bedeckungsgrad.

Pflanzenarten	Probeflächen										K.	B.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Rhamnus frangula</i>	1	.	1	.	.	.	.	1	.	.	II	1
<i>Rubus idaeus</i> . . . . .	.	.	.	.	1	1	.	.	2	.	II	1
<i>Rubus saxatilis</i>	1	.	.	.	2	.	.	1	5	.	II	1
<i>Crepis paludosa</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	1
<i>Luzula multiflora</i>	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	I	1
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	I	1
<i>Lysimachia vulgaris</i> . . . . .	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	I	1
<i>Majanthemum bifolium</i> . . . . .	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	I	1
<i>Orchis maculatus</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	1
<i>Oxycoccus palustris</i> . . . . .	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	I	1
<i>Phragmites communis</i> . . . . .	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	I	1
<i>Rumex acetosa</i>	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	I	1
<i>Vaccinium uliginosum</i> . . . . .	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	I	1
<i>Carex pseudocyperus</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lycopodium annotinum</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viburnum opulus</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia silvatica</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bodenschicht	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	V	1
<i>Hypnum Schreberi</i>	1	1	1	1	.	.	1	.	.	1	III	1
<i>Hylocomium splendens</i>	1	1	.	.	1	.	.	.	.	1	II	1
<i>Acrocladium cuspidatum</i> . . . . .	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	I	1
<i>Climacium dendroides</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	I	1
<i>Mnium cinclidioides</i> . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	I	1
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> . . . . .	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	I	1

zeigt, dass der ganze Birkenwald zu ein und derselben Assoziation gehört und eine homogene Pflanzendecke hat.

Der Boden besteht in allen 10 Querschnitten aus drei Schichten. Die oberste Schicht besteht aus einer verwesteten bruchwaldtorfähnlichen Masse, die 3—10 cm mächtig ist. Unter ihr liegt 30—150 cm mächtiger verwester Seggentorf. Dann folgt bläulicher Lehm — eine Gleyschicht. Somit besteht der Boden im ganzen Birkenwalde aus ein und denselben Schichten, die ihrem Charakter nach in allen Bodenquerschnitten übereinstimmen.

Ebenso homogen ist das Relief des Birkenwaldes. Die Erdfläche ist fast eben und dabei nur schwach nach W geneigt: das Gefälle beträgt $1/900$ ¹⁾ (genauer $1/890$), und verstreute Bulnen erreichen eine Höhe von 20—25 cm und einen Durchmesser von 40—100 cm.

Das lithologische Element wird im ganzen Birkenwalde durch den bläulichen Lehm vertreten.

¹⁾ Tangens des Neigungswinkels = $1/900$.

Die gleichzeitigen Messungen des Grundwasserniveaus im Birkenwalde und in den Erlenbruchwaldmooren (Karte 42) zeigen,

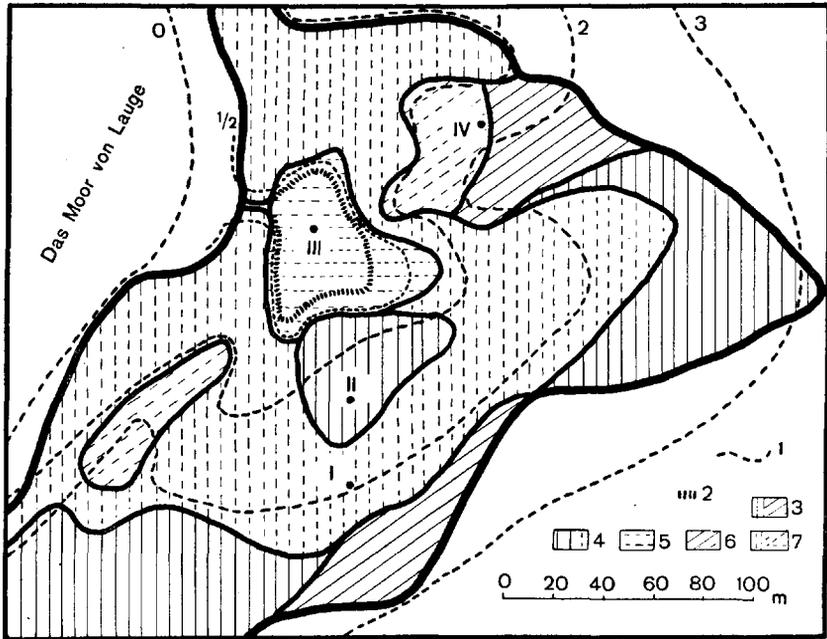


Abb. 42. Erlenbruchmulde in Lauge (Markus 1934).

1. Isohypsen (die Zahlen zeigen die Höhe über dem Niveau des Moores in Metern).
2. Die Grenze des Gebietes, das am 21. August 1930 mit Wasser bedeckt war (Tiefe des Wassers 8–20 cm).
3. Wald.
4. Höheres oder Erlenbruchwaldmoor.
5. Niederes oder Birkenbruchwaldmoor.
6. Podsolmoor.
7. Wiese.

I, II, III, IV Bodenquerschnitte.

Nord oben.

dass das Grundwasserniveau im Birkenwalde höher als an der unteren Grenze und tiefer als an der oberen Grenze des Erlenbruchwaldmoors liegt. Also stimmt der genannte Birkenwald seinem hydrologischen Element nach mit dem Erlenbruchwaldmoor überein.

Über die klimatischen Bedingungen unseres Birkenwaldes

liegen keine Beobachtungen vor; doch kann das Klima eines kleinen Gebiets als gleichmässig betrachtet werden.

Wie die Tabellen 42, 43 und 44 zeigen, stimmen die Probeflächen 1—10 in ihren meisten Elementen überein. Nur im Gebiet der Probeflächen 8—10 erfolgt periodisches Mähen, sie sind deshalb nicht homogen mit den anderen Teilen des Birkenwaldes und gehören zu einem anderen, speziellen Komplexindividuum (Baumwiese). Die Probeflächen 1—7 aber zeigen ein und dasselbe Individuum — einen Wald, der homogene Elemente aufweist. Dieser kleinste Naturkomplex kann als dräniertes Niedermoor bezeichnet werden.

Die kleinsten Naturkomplexe wurden genauer in Selgus untersucht. Hier nehmen sie Flächen ein, deren Grösse gewöhnlich zwischen 100 und 1000 qm schwankte. Doch ist für die kleinsten Naturkomplexe keineswegs ihre Grösse, sondern die Homogenität ihrer Elemente charakteristisch. Es scheint mir, dass es auf der Erdoberfläche homogene Naturkomplexe gibt, die recht gross sind. Man darf solche Naturkomplexe in denjenigen Erdgebieten suchen, die unter sehr gleichmässigen Bedingungen existieren, wie z. B. die tropischen Teile des Weltmeeres.

Passarge (Passarge 1930, S. 35 f.) bezeichnet die Individuen kleinster Landschaften als landschaftliche *Zwergräume*.

2. Verbände von Naturkomplexen.

Hettner (Hettner 1927, S. 129) stellt die Begriffe des Typus und des Komplexes auf, indem seine chorologische Auffassung auf zwei Verhältnissen beruht, nämlich auf der geographischen Kausalität und dem Vorhandensein geographischer Komplexe und Systeme. Hettner zeigt, dass die nebeneinander liegenden Erdstellen Komplexe bilden, die je nach ihrer Grösse als Landschaften, Länder usw. bezeichnet werden (Hettner 1927, S. 293).

Auf der Abb. 42 ist eine *Erlenbruchmulde* dargestellt, die von drei Seiten von einem flachen Espenwald und von einer Seite von einem echten Niedermoor umgeben ist.

Die Erlenbruchmulde ist 300 m lang und 250 m breit und wird von zwei Arten des Erlenbruchwaldmoors (Wald, Wiese), zwei Arten des Podsolmoors (Wald, Wiese) und einer Art des Birkenbruchwaldmoors (Wiese) gebildet. Ausser den genannten Arten gehören zur Erlenbruchmulde ein Pfad, der die Mulde durch-

Tab. 43. Gattung „stark drainiertes Niedermoor“
(Markus 1933).

Elemente der Naturkomplexe	Arten					
	Wald	Baumwiese	Wiese	Früheres Ackerland	Weide	
Konstante Pflanzenarten	<i>Betula pubescens</i> <i>Carex panicea</i> <i>Geum rivale</i> <i>Potentilla tormentilla</i> <i>Comarum palustre</i> <i>Aira caespitosa</i>			<i>Achillea Millefolium</i> <i>Betula pubescens</i> <i>Brunella vulgaris</i> <i>Galium palustre</i> <i>Luzula multiflora</i> <i>Vicia silvatica</i> <i>Festuca rubra</i>		<i>Filipendula ulmaria</i> <i>Acrocladium cuspidatum</i> <i>Rumex acetosa</i>
Bodenschichten	Verweste obere Bodenschicht wenig gebunden | gebunden | stark gebunden					
Grundwasserniveau	Verwester Seggentorf Gleyschicht					
Geologischer Untergrund	Entspricht dem Grundwasserniveau des höheren Bruchwaldmoors					
Relief	Wasserdichtes Gestein					
Tätigkeit des Menschen	Eine fast horizontale und ebene Erdoberfläche (Gefälle 1/900)					
	Drainierung					
	Aushöhlen		Mähen	Beackerung	Weiden	

quert, und ein natürlicher flacher Graben, der eine spärliche Vegetation (*Alisma plantago*, *Carex panicea*, *Juncus conglomeratus* u. a.) beherbergt, nur 14 m lang, 3½ m breit und 30–40 cm tief, von Sand und anderem angeschwemmten Material eingenommen ist.

Die Birkenbruchwiese nimmt den niedrigsten Teil der Erlenbruchmulde ein und erreicht im Durchmesser 70 m. Sie ist durch

den oben erwähnten Graben mit dem echten Moor von Lauge verbunden und von einem Erlenbruchwaldmoor (Wald und Wiese) umgeben. An den Rändern der Erlenbruchmulde liegt Podsolmoor, das als Wald oder Wiese erscheint.

Tab. 44. Gattung „stark dräniertes Niedermoor“ (Markus 1933).

	Wald	Baumwiese	Wiese	Früheres Ackerland	Weide
Gemeinsame Eigenschaften der Arten	<i>C a r e x p a n i c e a</i> <i>G e u m r i v a l e</i> <i>P o t e n t i l l a t o r m e n t i l l a</i>				
	Verweste obere Bodenschicht Verwester Seggentorf D r ä n i e r u n g u. s. w.				
Spezielle Eigen- schaften einzelner Arten	B ä u m e				
		M ä h e n		Beack- erung	Weiden
				u. s. w.	

Seinem Relief nach stellt die zu besprechende Erlenbruchmulde eine talähnliche Vertiefung dar, die 3 m tief und nach W geneigt und deren westlicher Teil breit, der östliche schmal ist. Das Gefälle beträgt an der Achse der Bruchmulde (O — W) 1/80, am nördlichen Flügel 1/50—1/60, am südlichen Flügel 1/110 und im Gebiet der niederen Bruchwiese 1/400.

Im Untergrunde der Bruchmulde liegt Bändernton, der hier als Lehm erscheint.

Die hydrologischen Bedingungen der Erlenbruchmulde wurden im Kapitel II, 2 charakterisiert.

Wenn wir nun die Lageverhältnisse der einzelnen Glieder der Erlenbruchmulde behandeln wollen, so ziehen wir in Betracht, dass die Grundelemente der Erlenbruchmulde das Klima, der geologische Untergrund, das Relief und das anthropologische Element sind. Da aber das Klima und der geologische Untergrund in der

ganzen Erlenbruchmulde ein und denselben Charakter tragen, so wird die Verbreitung der einzelnen Glieder der Erlenbruchmulde durch die zwei anderen Elemente bedingt. Die Birkenbruchwiese nimmt, wie oben erwähnt, den niedrigsten Teil der Erlenbruchmulde ein, hat eine fast horizontale Oberfläche (Gefälle 1/400), stellt eine 15—25 cm tiefe flache Wanne dar, ist durch einen kleinen Graben mit dem echten Moor von Lauge verbunden und hat fast immer reichliches Wasser. Das Birkenbruchwaldmoor ist von einem Erlenbruchwaldmoor umgeben, das die geneigten Teile der Bruchmulde umfasst, und worin das Grundwasser im Sommer in einer bestimmten Tiefe liegt. Das Podsolmoor liegt höher als das Erlenbruchwaldmoor oder umfasst kleine Aufwölbungen, die in das Erlenbruchwaldmoor eingedrungen sind.

Diejenigen Stellen, wo Mähen stattfindet, bilden Wiese, andere Flächen — Wald.

Mithin besteht die beschriebene Erlenbruchmulde aus einer Gruppe bestimmter gemeinschaftlich auftretender kleinerer Naturkomplexe, die zusammen ein deutlich abgrenzbares Ganzes bilden, hat ein bestimmtes Relief, bestimmte hydrologische Verhältnisse und andere Elemente, während ihr Charakter durch ihre Grundelemente bestimmt wird.

Eine Gruppe von Landschaften, die gemeinschaftlich auftreten, heisst landschaftlicher Komplex (Markus 1930 c) oder Landschaftsverband (Passarge 1933, S. 59) bzw. Verband von Naturkomplexen. In ähnlicher Weise werden auch die Begriffe eines Moorkomplexes (Randkomplex, Erosionskomplex, Stillstandskomplex) (Osvald 1923, Bogdanowskaya-Guihéneuf 1928), eines Seenkompleses, eines Höhlenkomplexes usw. gebildet.

Das Wort „Naturkomplex“ bedeutet also nicht nur einen Komplex kausal miteinander verbundenen Erscheinungen, sondern auch einen Komplex von kleineren Einheiten: die Naturkomplexe stellen Gruppen gemeinschaftlich auftretender kleinerer Naturkomplexe dar. Nur die kleinsten homogenen Landschaften können nicht in noch kleinere Landschaften aufgeteilt werden.

Aus den Verbänden niederer Grössenordnung werden die Verbände höherer Grössenordnung zusammengestellt.

Die besprochene Erlenbruchmulde bildet einen Teil der Moorbucht von Lauge.

Nach ihrem Relief erscheint die Moorbucht von Lauge als ein breites und kurzes Muldental (Karte 41). Es hat einen Durchmesser von 1—1,5 km. Die Talhänge gehen allmählich in die Talsohle über. Der südliche und der östliche Talhang haben ein bedeutendes Gefälle ($1/50$ und $1/35$). Nach Norden erhebt sich das Muldental allmählich zu einem niedrigen Moränenhügel. Nach W ist das Muldental offen. Die Sohle des Muldentales ist breit, fast eben und kaum bemerkbar nach W geneigt (Gefälle $1/900$). In das Muldental dringen zwei niedrige, mehr oder weniger wallähnliche Erhebungen ein (Höhe $1\frac{1}{2}$ —2 m), zwischen denen eine kleine buckelähnliche Aufwölbung liegt (Höhe $\frac{1}{2}$ —1 m).

Das charakteristische Glied der Moorbucht ist das dränierete Niedermoor. Es nimmt den zentralen Teil — die breite Sohle des Muldentales — ein. Sein Areal ist gross: es bedeckt fast $\frac{3}{5}$ der Moorbucht.

Das Hauptglied des dräniereten Niedermoors — der Wald — besteht aus einem jungen Birkenwald und einem Boden, gebildet von einer oberen verwesten Schicht, dem Seggentorf, und der Gleyschicht (Tab. 42—44). Dabei war das Muldental früher von einem ruhenden Niedermoor bedeckt. Infolge der negativen Grenzverschiebung zwischen Wald und Moor bedeckte sich der Seggentorf mit einer verwesten Bodenschicht. Aus dem Walde entstanden später andere Glieder des dräniereten Niedermoors: durch Mähen entsteht Wiese, durch Weiden — Weide, durch Beackerung — Ackerland. Ausserdem sind im Gebiet des Niedermoors Torfgruben angelegt worden.

Somit ist das Niedermoor eng mit dem Charakter der Sohle verbunden. Andere Naturkomplexe entstehen da, wo es spezielle Existenzbedingungen dafür gibt. Geneigte Mulden beherbergen höhere Bruchwaldmoore, die auch niedrigere Aufwölbungen in sich schliessen. Die $1\frac{1}{2}$ —2 m hohen Aufwölbungen sind mit Gliedern eines Espenwaldes bedeckt.

Der Landschaftsverband der Moorbucht von Lauge besteht aus einer Anzahl kleinerer Verbände. Dies sind geneigte Erlenbruchmulden (Karte 42), ein niedriger Erlenbuckel (seine Bestandteile: ruhender Erlenbruchwald, schwach dränierter Erlenbruchwald, stark dränierter Bruchweide), niedrige Espenwälder (lehmniger flacher Wald mit Espe, Birke und Fichte, sandiger flacher Wald, flaches Ackerland, schwach versumpftes Podsolmoor, Erlenbruchrinne), ruhendes Niedermoor und die aus dem dräniereten Niedermoor entstandenen Verbände: der Verband des Birkenwaldes z. B.

enthält ausser dem Walde auch Baumwiesen, kleine Abschnitte von Wiesen, einen kleinen Erlenbuckel u. a. Der Landschaftsverband der Torfgruben besteht aus parallelen Landstreifen — den Rücken des dränierten Niedermooses und den zwischen den letzteren liegenden langgestreckten, $1-1\frac{1}{2}$ m tiefen Torfgruben, die vom Wasser und *Carex rostrata*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata* u. a. eingenommen sind.

Die Moorbucht von Lauge erscheint also als eine Gruppe bestimmter gemeinschaftlich auftretender Naturkomplexe und stellt einen Landschaftsverband höherer Grössenordnung dar. Die Entstehung dieses Verbandes als eines Ganzen wird durch sein topographisches Element bedingt: alle Glieder des beschriebenen Verbandes gruppieren sich um das Muldental der Moorbucht. Die Verbreitung der einzelnen Glieder des Verbandes aber wird durch die speziellen Eigenschaften seines Reliefs (Niedermoor in der Talsohle, Erlenbruchwaldmoor in einer geneigten Mulde usw.) und des anthropologischen Elements (Mähen, Ausholzen) sowie durch die Genesis dieser Glieder erklärt.

Die Moorbucht von Lauge bildet einen Teil eines noch grösseren Landschaftsverbandes. Dies ist das Moor von Lauge, das 7—8 km im Durchmesser hat, im Transgressionsgebiet eines postglazialen Sees liegt und seinerseits dem Landschaftsverband des Seenbeckens von Vörtsjärv (Transgressionsgebiet, Moore und nasse Wälder) angehört (Durchmesser des Beckens 40—50 km).

Hier noch einige Beispiele für Verbände von Landschaften.

Die Kreidelandschaft von Jasmund (Schulz 1931, Fig. 1), die 6—10 km im Durchmesser beträgt, besteht aus vier Teillandschaften 2. Ordnung — einer Waldrückenplatte, einer Küstenrandzone, einem nordwestlichen und einem südwestlichen Flügelhorst, die alle im Durchmesser 6 km nicht übersteigen. Die Waldrückenplatte zerfällt in die Teillandschaften 3. Ordnung (Durchmesser 1—3 km): Wiesenmulde, Felderrücken, Horstabfall usw.

Die Deltalandschaften der Wüsten entstehen durch Vereinigung eines Flusses, der Salz- und Süsswasserseen, der Wadis usw. (Kapitel IV, 5). An dem Aufbau des Tundrengürtels sind die Tundrenflachländer, Tundrengebirge, Tundrenbergländer u. a. beteiligt (Passarge 1921, Berg 1928 u. 1930).

Die Libysche Wüste wird aus Oasenarchipelen, Wadikomplexen, Dünenlandschaften u. a. aufgebaut (Rohlf's 1881, Karten; Walther

1924). Der Verband der Dünenlandschaft von Vilo wurde in Kapitel II, 3 charakterisiert (Abb. 2, Tab. 3).

3. Typen der Naturkomplexe.

Vor dem Forscher liegen bestimmte untereinander verwandte Landschaften: die Steppen Russlands, die Prärien von Nordamerika, die Pampas Argentiniens usw. Diese Landschaften sind alle nicht identisch: jede Landschaft hat ihre individuellen Eigenheiten und besitzt Merkmale, die anderen ähnlichen Landschaften fehlen. Bei der generalisierenden Abstraktion vernachlässigt man die von einem individuellen Fall zum anderen wechselnden Eigenschaften der Landschaften, hebt die der gesamten Gruppe gemeinsamen Merkmale hervor und bildet so den Gattungsbegriff der zu besprechenden Objekte (Wundt II, 1920, S. 13 u. 49). Von den Individuen der Naturkomplexe, d. h. den realen Naturkomplexen, die dem Lokalbestand der Pflanzengeographen (Braun-Blanquet 1926—1931) und dem zoologischen Individuum entsprechen, kommt man durch ihre Vergleichung zu den idealen Naturkomplexen (Markus 1925 c), Ideallandschaften (Passarge 1927, S. 46), idealen Landschaftstypen (Passarge 1921, S. 56) oder Typen (Hettner 1927, S. 276) der Naturkomplexe, die mit der zoologischen Art, Gattung u. a., dem pflanzengeographischen Verband, der Assoziation und der Assoziationsordnung (Koch 1925, Braun-Blanquet 1925) verglichen werden können.

Besprechen wir die Aufstellung der Typen kleinster Naturkomplexe.

Bei der Aufstellung des Typus eines dränierten Niedermoores z. B. vergleichen wir, wie es bei der Behandlung der Erlenbruchwaldmoore geschah (Kap. II, 2), verschiedene Individuen der Niedermoores untereinander und bestimmen ihre konstanten Merkmale.

Ein dräniertes Niedermoor (Tab. 43, Wald) wird charakterisiert durch *Betula pubescens* 4¹⁾, *Aira caespitosa* 1, *Carex panicea* 2, *Comarum palustre* 1, *Geum rivale* 1, *Potentilla tormentilla* 1, durch einen aus einer verwesteten Masse, dem Seggentorf, und einer Gleyschicht bestehenden Boden, durch geringes Gefälle

¹⁾ 4 — Bedeckungsgrad.

der Erdoberfläche und durch die den Wasserverhältnissen der Erlenbruchwaldmoore entsprechenden hydrologischen Bedingungen.

Eine genetische Klassifikation soll einen Ausdruck der Entwicklung der Naturkomplexe darstellen (Wundt II, 1920, S. 54). Das Bedecktwerden des Seggentorfs mit einer verwesten Schicht zeigt, dass der zu besprechende Naturkomplex aus einem Niedermoor durch dessen Dränierung entstanden ist. Infolgedessen dürfen wir Merkmale aufstellen, die einerseits einem Niedermoor eigen sind und andererseits in dieses Niedermoor eingedrungen sind. Aus einem Niedermoor stammen der Seggentorf, *Carex rostrata*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata* u. a., während bei seiner Dränierung das Moor sich mit einem Birkenwalde bedeckte, in diesen Wald *Angelica silvestris*, *Filipendula ulmaria*, *Fragaria vesca*, *Geum rivale* u. a. eindringen und im Boden eine neue obere Schicht entstand.

Um die kausalen Bedingungen zu erfassen, die bei der Entstehung des Typus der dränierten Niedermoore massgebend sind, stellen wir ein gemässigttes Klimagebiet und ein sehr geringes Gefälle in den Vordergrund. Das geringe Gefälle der Bodenfläche (1/900) ruft eine Stagnation des Grundwassers hervor, und im gemässigten Klimagebiet entsteht ein Moor (Abb. 15, a und b). Durch die Tätigkeit des Menschen, d. h. durch das Ziehen von Gräben, wird das Moor in einen Birkenwald verwandelt.

Bei der Aufstellung der Arten kleinster Naturkomplexe vergleicht man untereinander verschiedene Individuen dieser Naturkomplexe, findet ihre gemeinsamen Merkmale, bestimmt die kausalen Beziehungen, die für alle Individuen charakteristisch sind, und gibt die gemeinsame Entstehungsweise dieser Naturkomplexe an.

Nach der Beschreibung der Arten der Landschaft sind Einheiten höherer Ordnung — Gattungen, Familien u. a. — aufzustellen. In den Tabellen 43 u. 44 z. B. sind ausser dem mit einem Birkenwald bedeckten dränierten Niedermoor noch vier andere Arten (Baumwiese, Wiese, früheres Ackerland, Weide) des dränierten Niedermoores dargestellt. Jede von ihnen hat ihre speziellen Eingehheiten. Doch enthalten sie alle bestimmte gemeinsame Pflanzenarten, bestimmte Bodenschichten usw. und werden deshalb zu einer Gattung zusammengefasst.

Erörtern wir nun die Aufstellung der Typen von Landschaftsverbänden, die aus kleineren Landschaften aufgebaut sind.

Die Kameslandschaften Estlands (Abb. 19) bestehen aus Rücken, Kuppen und Einsenkungen. Die Rücken stellen schmale symmetrische oder asymmetrische Erdwälle dar, die gewöhnlich bis 30 m breit und bis 15 m hoch sind, und deren Abhänge bis 30° grosse Neigungswinkel haben. Die Rücken haben eine marginale oder eine radiale Richtung. Im ersteren Falle erheben sie sich aus der Umgebung der Kameslandschaft und fliessen bei der Annäherung an die letztere mit ihr zusammen. Ein typischer radialer Rücken befindet sich in einer Kameslandschaft in Nordestland (Vatku). Er stellt einen symmetrischen Erdwall dar, der 17 m hoch ist, und dessen Neigungswinkel gegen 39° erreichen. Die Kuppen — die in einer Kameslandschaft am häufigsten vorkommende Form — sind nach ihrer Form abgerundet, oval oder gestreckt. Die Neigungswinkel der Abhänge betragen 5—25°. Ihre relative Höhe beträgt 7—20 m. Die Kuppen sind untereinander durch rückenartige Aufwölbungen von verschiedener Grösse verbunden. Die Einsenkungen sind tal- oder schüsselförmig. Ihre Grösse schwankt in bedeutenden Grenzen. Die grösseren Schüsseln können bis 15—20 m tief sein und Neigungswinkel von 5—20° haben.

Bei der Oberflächengestaltung der Kameslandschaft spielen die Kuppen die Hauptrolle, die Rücken und die Einsenkungen sind von geringerer Bedeutung. Die Kuppen mit den Schüsseln verleihen den meisten Kameslandschaften ein eigentümlich unruhiges und doch einförmiges Gepräge. In wenigen Fällen sind die Kuppen untereinander eng verbunden, und die bezüglichen Kameslandschaften haben eine ruhige, wellige Oberfläche.

Den wichtigsten Naturkomplex der Kameslandschaften (Abb. 20 u. 21) bildet der in Kapitel III, 3 beschriebene hügelige Nadelwald, der mit dem eine dunkle Bodenschicht enthaltenden Walde und dem sandigen Ackerlande die Kuppen und Rücken der Kameslandschaften, d. h. die Flächen mit tiefem Grundwasserniveau, einnimmt (Tab. 17). In den Einsenkungen dagegen kommen Bruchwaldmoore, junge Moore, echte Moore, Teiche und Seen vor. An den Grenzgebieten zwischen dem Nadelwalde und den in den Einsenkungen liegenden Naturkomplexen befinden sich Podsolmoore und flache Wälder.

Einige Naturkomplexe (hügeliger Nadelwald, Nadelwald mit dunkler Bodenschicht, Podsolmoor, Bruchwaldmoor, junges Moor) wurden oben beschrieben. Sandiges Ackerland hat gewöhnlich eine geringe Verbreitung. In wenigen Fällen fehlt sandiges Acker-

Tab. 45. Naturkomplexe der Kameslandschaften
(Markus 1930 b, Karte 1).

	1	2	3	4	5	6	9	10	15	16	17	18	19	20	22	B ¹⁾	K ²⁾
Heide ³⁾	1	5	2	.	.	.	4	4(5) ⁴⁾	1	1	2(3)	1(2)	1	1(2)	2(3)	IV
Hügeliger Nadelwald	1	2	1	4(5)	5	1	5	4	3	2	3	4	3(2)	3	5	4	V
Hügeliger Nadelwald mit dunk- ler Bodenschicht	5	1	.	1	1	5	1(2)	.	.	5	4	3(2)	4	4	2	3	IV
Ackerland	3	5	.	1	1	3	2	.	1	3	2	2	1	3	2	2	V
Flacher Wald . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	1	I
Podsolmoor	1	2	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	V
Bruchwaldmoor	1	1	.	.	1	1	1	.	1	.	1	1	1	1	1	1	IV
Junges Moor	1	1	2	1	1	1	.	1	1	1	1	1	2	1	1	1	V
Echtes Moor . . . . .	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	1	I
Teich . . . . .	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	1	1	1	.	1	II
See . . . . .	.	.	1	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	I
Versumpfter See . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	I
Grösse in qkm	3,0	2,4	2,5	2,2	2,1	1,6	1,1	7,9	4,3	4,5	10,9	2,7	4,7	1,8	12,9		

1) B. — Mittel der Bedeckungsgrade. 2) K. — Konstanzgrad. 3) Bedeckungsgrade der Heide: 1, 5, 2. 4) Die Heide bedeckt fast $\frac{2}{3}$ der ganzen Kameslandschaft.

land vollständig, in anderen Fällen bedeckt es den grösseren Teil der Kameslandschaft (Tab. 45, 3 u. 2: Läsna, Punamaa). Im letzteren Falle hat man es mit einer ziemlich ruhigen, d. h. mehr oder weniger ebenen Erdfäche zu tun. Sandiges Ackerland fehlt da, wo die Kameslandschaft mit grobem Sand bedeckt ist. Das gegenwärtige Ackerland gehört fast nur Waldwächtern. Der Boden des sandigen Ackerlandes hat zwei Schichten: auf dem rostbraunen Sand liegt eine Kulturschicht.

Trockenere Teile der Kuppen und die Kameslandschaften mit grobem Sand sind von Heide eingenommen, die *Pinus silvestris*, *Calluna vulgaris*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Calamagrostis epigea*, *Lycopodium complanatum* und schwach podsolierten Sandboden enthält.

Das Bruchwaldmoor ist aus einem Erlen- und einem Birkenbruchwaldmoor zusammengesetzt. Oft ist es versumpft: sein Boden ist mit Sphagnumtorf bedeckt, und die rostbraune Schicht ist verschwunden.

In echten Mooren erreicht der Torf ein oder mehrere Meter Mächtigkeit, und die Kiefer tritt nur in der Gebüschschicht auf. Teiche und Seen beherbergen tiefere Schüsseln, wobei die Seen zuweilen mit Torf bedeckt sind.

Die Tabelle 45 stellt die Zusammensetzung von 15 Kameslandschaften dar. Sie zeigt, dass jede Kameslandschaft von einer bestimmten Gruppe gemeinschaftlich auftretender Naturkomplexe gebildet wird und so einen Landschaftsverband (Markus 1930 b) darstellt. Die Tabelle lässt gemeinsame Eigenschaften solcher Landschaftsverbände konstatieren, ihren Typus aufstellen. Dieser Typus enthält ein in allen Kameslandschaften vorkommendes konstantes Glied — den hügeligen Nadelwald. Nur ausnahmsweise fehlen in einer Kameslandschaft sandiges Ackerland, junges Moor und das Podsolmoor. Den Konstanzgrad IV haben Heide, hügeliger Nadelwald mit dunkler Bodenschicht und Bruchwaldmoor. Der hügelige Nadelwald besitzt in der Kameslandschaft das grösste Verbreitungsgebiet: er stellt das Hauptglied des betreffenden Landschaftsverbandes dar. Selten treten in Kameslandschaften echtes Moor, flacher Wald und Seen auf.

Das soeben angeführte Beispiel zeigt, wie die Typen grösserer Landschaften durch kleinere Landschaften charakterisiert werden können. Erfordert aber die Komplexnatur der Landschaft eine besondere Betrachtung, so lässt ihre individuelle Natur

daneben die Betrachtung gewöhnlicher geographischer Individuen auf sie anwenden (Hettner 1927, S. 281): die Typen der Landschaften können auch als Gesamtheiten ihrer Elemente erfasst werden. Jede Kameslandschaft z. B. hat ein bestimmtes lithologisches Element, d. h. besteht aus geschichtetem Sand und Kies, besitzt ein bestimmtes Relief usw.

Im logischen Sinne dürfen die Begriffe „Typus“ und „Komplex“¹⁾ nicht verwechselt werden. Wir müssen auf der Erdoberfläche zweierlei Beziehungen unterscheiden: erstens solche der Gleichheit oder Verschiedenheit und zweitens Lagebeziehungen. Aus jenen ergeben sich die Typen, aus diesen die Komplexe¹⁾ (Hettner 1927, S. 280). Die Teile eines Komplexes (Verbandes) müssen räumlich zusammenhängen, während die Typen zerstreute Verbreitung haben können. Der Begriff des Typus gehört dem idealen Naturkomplex, während Komplexe (Verbände) Individuen (Hettner 1927, S. 279), d. h. reale Naturkomplexe, sind. Jede Gattung enthält bestimmte Arten, die nur dieser Gattung angehören können. Ein Verband dagegen besitzt Arten sowohl ein und derselben als auch verschiedener Gattungen, indem dieselbe Art an der Zusammensetzung verschiedener Gattungen teilnehmen kann (Markus 1930 c, S. 11). Dem Komplex Hettner's entspricht in der Pflanzengeographie der Assoziationskomplex (Osvald 1923), dem Typus dagegen die Assoziation, der Verband und die Assoziationsordnung (Rübel 1923).

Es sei weiter hinzugefügt, dass der geographischen Klassifikation sich Verbände beliebiger Grössenordnung unterordnen. Doch sind die Arten grösserer Verbände keineswegs identisch mit den Gattungen kleinerer. So bilden die Arten, Gattungen u. a. der Erlenbruchwaldmoore einerseits und die Arten, Gattungen u. a. der Bruchmulden, die durch Vereinigung der Erlenbruchwaldmoore, Birkenbruchwaldmoore usw. entstehen, andererseits zwei Reihen von Begriffen, die ganz selbständig sind.

4. Das Verhältnis zwischen den Landschaftsverbänden und ihren Gliedern.

Vergleichen wir nun die Landschaftsverbände und ihre Glieder in bezug auf ihre relative Grösse, erörtern wir die Frage, warum Landschaften sich in Verbände zusammenordnen, und behandeln wir die Beziehungen zwischen den Landschaften und ihren Verbänden.

¹⁾ Komplexe Hettner's = Verbände.

eine Mächtigkeit von bis 20 m (Abb. 43), während die in Steppen auftretenden kleinen Seen oft nur 1—3 m tief sind.

Bei der Untersuchung der Anordnung von Gliedern eines Landschaftsverbandes müssen wir chorologische und geschichtliche Gesichtspunkte im Auge haben

Chorologisch angeordnete Landschaften bilden im typischen Falle Reihen geographischer Gebiete (Tab. 6). Nach dem Reihenprinzip z. B. sind einige Landschaften Russlands angeordnet (Waldgürtel der gemässigten Zone, Waldsteppen, Steppen, Wüstensteppen, Wüsten), ferner bestimmte Landschaften Nordamerikas (Wälder Prärien, Wüstensteppen, Wüsten), Südamerikas (Savannen, Grasland der gemässigten Zone — Pampas, Wüstensteppen), des Sudan (tropische Regenwälder, Savannen, Wüstensteppen, Wüsten) usw. (Hettner 1923 u. 1926), die Glieder des Landschaftsverbandes von Moorisoo (Abb. 23) usw.

Wenn ein Naturkomplex einen Entwicklungsgang durchmacht, so befindet er sich im gegebenen Moment in einem Entwicklungsstadium. Diejenigen Stadien, die ein Naturkomplex durchmacht, wenn seine Grundbedingungen dieselben bleiben, bilden zusammen den Entwicklungszyklus des vorliegenden Naturkomplexes. Einem Entwicklungszyklus z. B. entspricht die Bildung des Kalktuffes im Alvastra-Moor, die unter dem Einflusse des trockenen borealen Klimas vor sich gegangen ist. Anstatt der Wörter „Stadium“ und „Zyklus“ werden auch „Phase“, „Stufe“, „Serie“ u. a. gebraucht (Passarge 1920, Furrer 1922, Hellaakoski 1929 u. a.).

Auch Entwicklungsstadien spielen in der Anordnung der Landschaften eine wichtige Rolle. So bilden die Verlandungsreihen an Seeufern oft eigenartige Reihen, die bei der Entwicklung eines bestimmten Naturkomplexes entstehen.

Doch bilden die Glieder eines Landschaftsverbandes Reihen geographischer Gebiete oder Entwicklungsstadien eines Naturkomplexes nur im einfachsten Falle. Gewöhnlich sammeln die Landschaften sich in Vereinigungen, wo sie mosaikartig ineinander eingreifen.

Der im Kap. III, 3 besprochene hügelige Nadelwald nimmt höhere, geneigte Teile der Kameslandschaft ein, während das Bruchwaldmoor geneigte muldenförmige Vertiefungen einnimmt und Teiche in Schüsseln vorkommen. Eine solche Anordnung ist gleichsam chorologisch zu erklären, denn die Verbreitung der Glieder einer Kameslandschaft wird kausal von speziellen Faktoren bedingt. Die

Glieder der Dünenlandschaft von Vilo ordnen sich dagegen geschichtlich an: infolge des Entwicklungsganges der Dünenlandschaft nimmt ihren zentralen Teil ein Abtragungsgebiet ein, während an der Peripherie Dünen entstehen (Tab. 3).

Die chorologischen und geschichtlichen Faktoren sind untereinander eng verbunden: die Chorogenese der Dünenlandschaft von Vilo ist kausal bedingt, die kausalen Bedingungen der Verbreitung von Gliedern der Kameslandschaften dagegen wurden bei der Bildung der Kameslandschaft geschaffen.

Die Landschaften weisen eine rhythmische Anordnung ihrer Glieder, eine typische Folge typischer Formen auf. Den zentralen Teil des Moorisoos von Selgus (Abb. 23) z. B. nimmt das junge Moor ein, das von einem Birkenbruchwaldmoor, Erlenbruchwaldmoor und Podsolmoor umgeben wird, die zusammen eine topographische Reihe von Naturkomplexen bilden. Ebenso kausal bedingt ist der rhythmische Aufbau der Kameslandschaft von Selgus (Markus 1929). Die rhythmische Anordnung der Glieder der Dünenlandschaft von Vilo basiert auf chorogenetischer Grundlage. Entwicklungsgeschichtlich werden ferner erklärt das strahlenförmige Gefüge einer aus einem Massengebirge oder einem Gebirgsstock bestehenden Landschaft, der doppelseitige Bau einer Flusstalung, eine kettenförmige Aufeinanderfolge in Gebirgsländern, eine streifenförmige Anordnung in Drumlinlandschaften und Stufenländern (Passarge 1919, S. 165).

Die einen speziellen Landschaftsverband bildenden kleineren Landschaften sollen einerseits als Bestandteile des Verbandes und andererseits als selbständige Ganze charakterisiert werden. Illustrieren wir das Gesagte durch die Charakterisierung einiger chorogenetischer Erscheinungen.

Wenn eine Landschaft, wie z. B. eine Deltalandschaft der Wüste, sich im Gleichgewichtszustand befindet, können ihre verschiedenen Glieder — Seen, Flüsse, Siedlungen, Dünengebiete u. a. — sich verschieben, sich in andere Glieder verwandeln usw.: neben den Faktoren, die den ganzen Landschaftsverband beeinflussen, gibt es auch solche, unter deren Wirkung nur bestimmte Glieder des Naturkomplexes sich befinden. In solchen Fällen sprechen wir von lokalen Veränderungen der Naturkomplexe. Lokale Veränderungen wurden oben im Quellmoore von Alvastra konstatiert, wo der Mensch ein Steinzeitdorf gegründet und zwei eisenzeitliche Wege gebaut hat.

Ferner müssen die Grundbedingungen, die das Auftreten eines Landschaftsverbandes als eines Ganzen bedingen, scharf von denjenigen Grundbedingungen unterschieden werden, die das Vorkommen einzelner Glieder des Verbandes hervorgerufen. Wenn wir z. B. die Grundelemente des Tarimbeckens betrachten, so erscheint der Tarim als ein von den Grundelementen des Tarimbeckens abhängiges Glied der entsprechenden Landschaft: das Tarimbecken und seine Entstehung wird durch das Vorhandensein hoher Gebirge (Tien-Schan, Pamir, Karakorum, Kuen-lun) erklärt, die das Tarimbecken umgeben und mit Gletschern bedeckt sind. Bei der Behandlung der Lobwüste dagegen soll der Tarimfluss zu den Grundbedingungen der Entstehung einer Deltalandschaft der Wüste gezählt werden. Ebenso transgrediert die Puula-Seengruppe infolge der Landhebung ihre südöstliche Umgebung, weshalb hier einige Wälder versumpfen. In der Seengruppe verändert sich das Relief des ganzen Landschaftsverbandes, in den Wäldern dagegen wird eine Veränderung ihres hydrologischen Elements konstatiert: während die Puula-Seengruppe einen topogenen Entwicklungsgang durchmacht, geht in einigen Wäldern ihrer Umgebung eine hydrogene Entwicklung vor sich.

Von grosser Wichtigkeit ist das Auftreten konstanter Glieder in Landschaften. In einer Deltalandschaft der Wüste (Abb. 36) wird immer ein hier einmündender Fluss beobachtet, während Seen, Siedlungen u. a. in ähnlichen Landschaften auch fehlen können: der Fluss bildet eine Grundbedingung für die Entstehung einer Deltalandschaft der Wüste. In Kameslandschaften fehlt niemals ein hügeliger Nadelwald: er stellt einen Naturkomplex dar, der infolge des Zusammenwirkens der Grundelemente — des Reliefs, des geologischen Untergrundes und des Klimas einer Kameslandschaft — auftreten muss. Für alle Dünenlandschaften sind Dünengebiete charakteristisch: ihre Entstehung ist durch die die Entwicklung einer Dünenlandschaft hervorruhenden Grundbedingungen vorbedingt. Konstant sind also in einer Landschaft diejenigen Glieder, die als Grundbedingungen dieser Landschaft erscheinen oder durch das Zusammenwirken der Grundbedingungen entstehen.

Bei der Behandlung des Einflusses des Landschaftsverbandes auf seine Glieder unterscheiden wir Fremdlinge- und solche Faktoren, die dem Verband und seinen Gliedern gemeinsam sind. Wenn wir z. B. den Karabugasbusen als ein Glied des Kaspisees betrachten, so entwickelt sich der Karabugas einer-

seits unter dem Einflusse des trockenen Klimas, das der ganzen Umgebung des Kaspisees eigen ist (Tab. 16 u. 30); andererseits berücksichtigen wir die Abhängigkeit des Karabugas von einem Fremdlingsfaktor — vom Kaspisee selber, d. h. wir untersuchen die Rolle des Einströmens des Kaspiseewassers in den Karabugas.

Tabellen.

	Seite
1. Erlenbruchwaldmoore von Selgus	18
2. Die Dünenlandschaft von Vilo: Entstehung kuppiger Sandhügel	25
3. Die Dünenlandschaft von Vilo als Landschaftsverband	26
4. Verschiebung der Dünenlandschaft von Vilo	27
5. Meerestypen	32
6. Reihen geographischer Gebiete	41
7. Klimatische Bodenreihen	42
8. Grenzlinien verschiedener Ordnung	46
9. Temperaturlinien	52
10. Charakteristik einiger Klimagebiete	55
11. Podsolmoor von Jätasoo	65
12. Kausalreihen	67
13. Wechselwirkungen in einer Landschaft	68
14. Zusammenwirken der Faktoren	69
15. Kombinationen der Grundfaktoren	70
16. Kombinationen der Grundfaktoren	71
17. Hügelige Nadelwälder der Kameslandschaften	73
18. Grenzoberfläche des Hochmoores	80
19. Westeuropäisches Meer	82
20. Junges Moor	86
21. Kausalität und Teleologie: Kulturoasen in Turan	91
22. Elemente der Landschaft: Erlenbruchwaldmoor	95
23. Kausale Relationen in einer Landschaft: Erlenbruchwaldmoor	98
24. Kausale Relationen zwischen einer Assoziation und ihrem Standort: Bruchwaldmoor	99
25. Parallelisierung der Existenzbedingungen	109
26. Formengeschichte der Sandwüsten der Turanischen Niederung	110
27. Fremdes Glied: Puulasee bei Herräsniemi	111
28. Ökogener Entwicklungsgang: Quellmoor von Alvastra	114
29. Grundelemente der Landschaft	116
30. Autogener Entwicklungsgang: Karabugas	123
31. Lou-lan	129
32. Deltalandschaft der Wüste: Lobwüste	131
33. Grenzverschiebungen	138
34. Versumpfung des Podsolmoores	142
35. Versumpfung des Podsolmoorbodens auf der Halbinsel Kola	145
36. Veränderung der Schwarzerde nach zwei Richtungen	146
37. Fremdlings- und Heimatsfaktoren	148
38. Landschaftsbuchten	150
39. Kreuzungsgebiet: Julischer Kulturbereich	154
40. Kreuzung geographischer Faktoren	157
41. Geographischer Vorposten: Orthodoxes Kloster von Petseri	159
42. Die Vegetation des dränierten Niedermoores	164
43. Gattung „stark dräniertes Niedermoor“	168
44. Gattung „stark dräniertes Niedermoor“	169
45. Naturkomplexe der Kameslandschaften	176

Abbildungen.

	Seite
1. Tiefe des Grundwasserniveaus in der Erlenbruchmulde	20
2. Dünenlandschaft von Vilo	23
3 I, II u. III. Profile der Dünenlandschaft	24
4 a, b u. c. Landschaftskundliche Gliederung von Paraguay	28—29
5. Baltoskandien	31
6. Kausalprofil: Klimaprofil Bordeaux — Finsteraarhorn	35
7. Zugbahnen der Zyklonen	36
8. Vertiefungsgebiete der Minima	37
9. Bedingung der Zu- und Abnahme der Tiefe von Zyklonen	38
10. Topographische Reihe der Böden	39
11. Klimatische Reihe der Vegetation und der Böden	42
12. Graphische Darstellung der Verbreitung einer Erscheinung	43
13. Graphische Darstellung einiger klimatischer Erscheinungen	44
14. Julische Durchgangslandschaft. Peipuslinie	47
15 a u. b. Karte von Estland	48—49
16. Drang der Slaven nach Westen und Norden	50
17. Klimatische Grenzlinien	51
18. Verbreitung der Gorgonarienfamilie <i>Gorgonellidae</i>	56
19. Kameslandschaft von Selgus	72
20. Alatskivische Forstei	74
21. Gegenwärtige und frühere Verbreitung des Ackerlandes in Selgus	75
22. Verhältnis zwischen Niederschlagsmenge und Hochmoorwölbung	80
23. Karte des Moorisoo	84
24. Profile des Moorisoo	85
25. Eisriesenwelt im Tennengebirge	87
26. Die Oase von Kokan	92
27. Ferghana-Becken	93
28. Slavische Ortsnamen in Pommern	104
29. Der Gehalt an kolloiden Stoffen in Podsolmoorböden	107
30. Puulasvesi bei Herräsniemi	110
31. Profil durch das Alvastraer Quellmoor	113
32 a u. b. Karten des Alvastraer Quellmoores	115
33. Die Umgebung des Puulasees (Puulavesi)	119
34. Lobwüste	126
35. Lou-lan	127
36. Deltalandschaft der Wüste	130
37. Richtung der Grenzverschiebung	134
38. Untersuchung der Grenzverschiebung	137
39. Versumpfung des Podsolmoores	143
40. Kulturgeographische Übersichtskarte des Julischen Kulturbereichs	153
41. Südöstliche Moorbucht von Lauge	163
42. Erlenbruchmulde von Lauge	166
43. Lössprofile	179

Literatur.

- Aario, L. Pflanzentopographische und paläogeographische Mooruntersuchungen in N-Satakunta. Comm. Inst. Forest. Fenn. 17. 1932.
- Vegetation und postglaziale Geschichte des Nurmijärvi-Sees. Annal. Botan. Soc. Zool.-Botan. Fenn. Vanamo. Bd. 3. 1933.
 - Die postglazialen Niveauverschiebungen im mittleren Uusimaa. Annal. Acad. Scient. Fenn. Ser. A. Bd. 44. 1935.
- Ahlmann-Caldenius-Sandegren. Ragundasjön. Sver. Geol. Unders. Ser. Ca. H. 12. 1924.
- Amsel, H. G. Die Lepidopteren Palästinas. Zoogeographica. Bd. 2. 1933.
- Andrusow, Kurnakow, Lebedinzew u. Spindler. (Andrusow, Kurnakov, Lebedincev, Spindler.) Karabugas i jego promyšlennoje značenije. Russische Akad. d. Wissenschaften. Petersburg 1916.
- Arlt, Th. Handbuch der Palaeogeographie. Bd. II. T. I u. II. Leipzig 1917 u. 1922.
- Auer, V. Die postglaziale Geschichte des Vanajavesisees. Bull. Comm. Géol. Finl. No. 69. 1924.
- Investigations of the ancient flora of Hame (Tavastland). Comm. Institut. Forest. Fenn. Ed. 9. 1925.
- Aufrère, L. Le cycle morphologique des dunes. Annal. Géographie. 1931.
- Aziatskaja Rossija. Publikation der russischen Kolonisierungsverwaltung. 2 Bde mit Atlas. Petersburg 1913—1914.
- Bavink, B. Die Hauptfragen der heutigen Naturphilosophie. Bd. I u. II. Berlin 1928.
- Beck-Rytz-Stehlin-Tschumi. Der neolithische Pfahlbau Thun. Mitteil. Naturf.-Ges. Bern. 1930.
- Berg, L. Araljskoje more. Mitteil. Turkestan. Abteil. Russisch. Geograph. Ges. 1908.
- Ob izmėnenii klimata v istoričeskiju epochu. Zemlevėdėnije. 1911.
 - Predmet i zadači geografii. Izv. Russk. Geogr. O-va. 1915.
 - Klimat i žiznj. Moskau 1922.
 - Osnovy klimatologii. Moskau 1927.
 - Zona tundr. Izv. Leningr. Gosud. Universit. T. 1. 1928 (1928 a).
 - Nouvelles données sur la question de l'origine de la faune du lac Baïkal. C. r. Acad. Sci. A. 1928 (1928 b).
 - Geographical zones of the U.S.S.R. Part I. Leningrad 1930.
- Blank, E. Handbuch der Bodenlehre. Bd. III. Berlin 1930.
- Bluntschli, H. Die Amazonasniederung als harmonischer Organismus. Geograph. Zeitschr. 1921.

- Bogdanowskaya-Guihéneuf. Die Vegetation der Hochmoore des russischen Ostbaltikums. Travaux Instit. sc. nat. Peterhof. H. 5. 1928.
- Böhnecke, G., Hentschel, E. und Wattenberg, H. Über die hydrographischen, chemischen u. biolog. Verhältnisse an der Meeresoberfläche zwischen Island u. Grönland. *Annal. Hydrogr.* 1930.
- Brandt, B. West-Russland im Spiegel der einheimischen Ortsnamen. *Geograph. Zeitschr.* Bd. 23. 1917.
- Braun-Blanquet, J. Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. *Jahrb. St. Gall. Nat.-Wiss. Ges.* 57. II. 1920—1921.
- Zur Wertung der Gesellschaftstreue in der Pflanzensoziologie. *Viertelj.-Schr. Naturf.-Ges. Zürich.* 1925.
- Braun-Blanquet u. Pavillard. *Vocabulaire de sociologie végétale.* Montpellier 1925.
- Braun-Ziegfeld. *Geopolitischer Geschichtsatlas.* Dresden 1930.
- Brenner, W. Beiträge zur edaphischen Ökologie der Vegetation Finnlands. *Acta Botan. Fenn.* 9. 1931.
- Brunelli, G. L' incursione dell' onda di marea e la colonizzazione delle acque dolci. *Arch. Zool. Ital.* 16. 1931.
- Bürger, K. Der Landschaftsbegriff. *Dresdner Geographische Studien.* H. 7. 1935.
- Carnap, R. *Der logische Aufbau der Welt.* Berlin 1928.
- Clements, Fr. E. *Plant succession and indicators.* New-York 1928.
- Cowles, H. The causes of vegetative cycles. *Bot. Gaz.* Bd. 51. 1911.
- Crawford, O. G. S. *Prehistoric Geography.* *Geograph. Review.* 1922.
- Creuzburg, N. Über den Werdegang von Kulturlandschaften. *Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. Sonderband* 1928.
- Czoernig-Czernhausen. *Die Höhlen Salzburgs. Spelaeologische Monographien.* Bd. X. 1926.
- Dacqué, E. *Paläogeographie und Paläoklimatologie.* *Handwörterbuch d. Naturwissenschaften.* Jena 1932.
- Dahl, Fr. *Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie.* Jena 1921.
- Dainelli, G. Le ragioni geografiche di una civiltà europea unitaria. *Bollett. R. Società Geograf. Italiana.* 1933. H. 1—2.
- Däniker, A. U. Ein ökologisches Prinzip zur Einteilung der Pflanzengesellschaften. *Beibl. Viertelj.-Schrift Naturf.-Gesellschaft Zürich.* Jg. 73. Nr. 15. 1928.
- Decksbach, N. Über verschiedene Typenfolgen der Seen. *Archiv Hydrobiol.* Bd. 20. 1929.
- Deecke, W. Beiträge zur Paläopotamologie. *Zeitschr. Geomorphologie.* 1929
- Deegener, P. *Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreiche.* Leipzig 1918.
- Defant, A. *Die systematische Erforschung des Weltmeeres.* *Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin.* 1928.
- De Geer, G. Om den definitiva förbindelsen mellan den svenska tidskalans senglaciala och postglaciala del. *Geol. För. Förh.* Bd. 46. 1924.
- De Geer, Sten. *Das geologische Fennoskandia und das geographische Baltoskandia.* *Geografiska Annaler.* 1928.

- Degelius, G. Das ozeanische Element der Strauch- und Laubflechtenflora von Skandinavien. Acta Phyt. Suec. 7. 1935.
- Derjugin, K. Fauna Koljskago zaliva. Mém. Acad. Scienc. 34. 1915.
- Dippe, A. Naturphilosophie. München 1907.
- Dokutschajew, W. (Dokučajev, V.) Russkij černoziem. Petersburg 1883.
— K učeniju o zonach prirody. Petersburg 1899.
- Döring, L. Wesen und Aufgaben der Geographie bei Alexander von Humboldt. Frankfurt. Geograph. Hefte. Jg. 5. 1931.
- Dranizyn, D. (Dranicyn, D.) Vtoričnyje podzoly i pereměščenije podzolistoj zony. Izv. Počv. Komit. 2. 1914.
- Eckhardt, E. Eine neue Regenkarte der Erde. Peterm. Mitteil. 76, H. 3/4. 1930.
- Eklund, O. Über die Ursachen der regionalen Verbreitung der Schärenflora Südwest-Finnlands. Acta Botan. Fenn. 8. 1931.
- Ekman, Sven. Indo-Pazifik und Atlanto-Pazifik. Zoogeographica. 1934.
- Enculescu, P. Zonele de vegetație lemnoasă din România. Memor. Institut. Geolog. Român. Vol. 1. 1924.
- Engel, Fr. Deutsche und slavische Einflüsse in der Dobbertiner Kulturlandschaft. Schrift. Geograph. Institut. Univers. Kiel. Bd. 2. H. 2. 1934.
- Erdtman, G. Studien über die postarktische Geschichte der nordwesteuropäischen Wälder. Geol. Fören. Forh. Bd. 50. 1928.
- Felber, O. Oberflächenströmungen des Nordatlantischen Ozeans. Archiv Deutsch. Seewarte. Bd. 53. 1934.
- Fenner, Ch. The Murray River Basin. Geograph. Review. 1934.
- Florov, N. Über Lössprofile in den Steppen am Schwarzen Meer. Zeitschr. Gletscherkunde. Bd. 15. 1927.
- Francé, R. H. Bios. Die Gesetze der Welt. Bd. II. Stuttgart 1923.
- Frank, Ph. Das Kausalgesetz und seine Grenzen. Wien 1932.
- Friedling, H. Die Ausbreitung des Schwarzhalstauchers. Zoogeographica. 1933.
- Friedrichsen, M. Die geographische Landschaft. Geograph. Anzeiger. 1921.
- Frisch, K. Die Veränderungen der klimatischen Elemente nach den meteorologischen Beobachtungen von Tartu 1866—1930. Acta et Comment. Univ. Tartuensis (Dorpatensis). A XXIII, 5. 1932.
- Furrer, F. Begriff und System der Pflanzensukzession. Vierteljahrshr. Naturf.-Ges. Zürich. Jg. 67. 1922.
- Gedroiz, K. Der absorbierende Bodenkomples und die absorbierten Bodenaktionen als Grundlage der genetischen Bodenklassifikation. Leningrad 1925.
- Glinka, K. Počvovedenije. Petersburg 1908.
- Gorczyński, W. Nouvelles isothermes de la Pologne, de l'Europe et du globe terrestre. Warschau 1918.
- Gradmann, R. Das harmonische Landschaftsbild. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1924.
- Granlund, E. De svenska högmossarnas geologi. Sver. Geolog. Unders. Ser. C. No. 373 (Årsbok 26). 1932.
- Haas, A. Materiewellen und Quantenmechanik. Leipzig 1934.

- Haering, Th. L. Philosophie der Naturwissenschaften. München 1923.
- Hann, J. Handbuch der Klimatologie. Bd. II, 1 u. III, 2. Stuttgart 1910 u. 1911.
- Hansen, H. Über die Entwicklung der Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern und angrenzenden Gouvernements. Fennia. 34. 1914.
- Haushofer, K. Grenzen in ihrer geographischen und politischen Bedeutung. Berlin 1927.
- Hedin, Sven. Im Herzen von Asien. Bd. I u. II. Leipzig 1903.
 — Scientific results of a journey in Central Asia 1899—1902. Vol. I u. II. Stockholm 1904/05.
 — Auf grosser Fahrt. Leipzig 1929.
 — Rätsel der Gobi. Leipzig 1931.
- Heisenberg, W. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. Zeitschr. Physik. Bd. 43. 1927.
 — Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie. Leipzig 1930.
- Hellaakoski, A. Suursaima. Fennia. 43. 1922.
 — Puulan järviryhmän kehityshistoria. Fennia. 51. 1929.
- Herrmann, A. Gibt es noch ein Oxusproblem? Peterm. Mitteil. 1930.
 — Lou-Jan. Leipzig 1931.
- Hesse, R. Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena 1924.
- Hettner, A. Das Wesen und die Methoden der Geographie. Geograph. Zeitschrift. 1905.
 — Grundzüge der Länderkunde. Bd. I u. II. Leipzig 1923 u. 1926.
 — Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methoden. Breslau 1927.
- Himly, Sven. Hodins Ausgrabungen am alten Lop-nur. Peterm. Mitteil. 1902.
- Hochholzer, H. Kulturgeographische Grundzüge des Julischen Kulturbereichs. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1931 (1931 a).
 — Begriffsbildungen und Arbeitsmethoden der Kulturgeographie. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1931 (1931 b).
- Hofmann, E. Urgeschichtliche Pflanzenreste aus niederösterreichischen Höhlen. Österr. Botan. Zeitschr. Bd. 77. 1928.
- Högbom, B. Über die geologische Bedeutung des Frostes. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsal. Vol. 15. 1913.
 — Über den Verlauf der Frostvorgänge im Felsboden. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsal. Vol. 20. 1925—1927 (1925—1927 a).
 — Beobachtungen aus Nordschweden über den Frost als geographischen Faktor. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsal. Vol. 20. 1925—1927 (1925—1927 b).
- Hönigswald, R. Kausalität und Physik. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Jg. 1933. Physik.-mathem. Klasse. Berlin 1933.
- Humboldt, A. v. Central-Asien. Bd. I. T. II. Klimatologische Untersuchungen. Berlin 1844.
 — Kosmos. Bd. I u. II. Stuttgart 1845 u. 1847.
- Huntington, E. The pulse of Asia. Boston u. New York 1907.
- Iakin, Mönch. Opisanije Džungarii i Vostočnago Turkestana. Übersetzt ins Russische aus dem Chinesischen. Petersburg 1829.

- Jaccard, P. La chorologie sélective et sa signification pour la sociologie végétale. Mém. Soc. Vaud. sc. nat. No. 2. Lausanne 1922.
- Jacobi, G. Wirtschaftsgeographie der Seide. Berlin 1932.
- Jäger, Fr. Die Gewässer Afrikas. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. Sonderband 1928.
- Jakowlew, S. (Jakovlev, S.) Grunty i počvy vdolj linii Armavir-Tuapsinskoj želéznoj dorogi. Petersburg 1914.
- Johanson, O. Die abnehmende Kontinentalität in Europa. Mitteil. Mathem. Institut. Helsingfors. 1929.
- Kayser, E. Lehrbuch der allgemeinen Geologie. Bd. I. Stuttgart 1921.
- Klimowskich, A. (Klimovskich, A.) Karabugas i jego promyšlennoje značeniye. Russ. Akad. Wissenschaften. 1930.
- Koch, Valo. Die Vegetationseinheiten der Linthebene. St. Gall. Naturwiss. Ges. 1925.
- Köhler, G. Der Hwang-ho. Peterm. Mitteil. Ergänzungsh. Nr. 203. 1929.
- Köppen, W. Die Klimate der Erde. Berlin 1923.
- Köppen-Wegener. Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin 1924.
- Koslow, P. (Kozlov, P.) Kočujuščije reki Centralnoj Azii. Izv. Gosud. Geograf. O-va. 1935.
- Krause, K. Das geographische Kausalprofil. Geograph. Anzeiger. 1927
- Krebs, N. Natur- und Kulturlandschaft. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1923.
- Krische, P. Bodenkarten. Berlin 1928.
- Krokos, V. Nekotoryja dannija po geologii Tiraspol. ujezda. Geol. Věstnik II, 2. 1916.
- Krümmele, O. Handbuch der Ozeanographie. Bd. I. Stuttgart 1907.
- Kujala, V. Die Schwarzerle in Finnland. Comm. Institut. Forest. Fenn. 7. 1924.
- Kyrle, G. Grundriss der theoretischen Spelaologie. Spelaologische Monographien. Bd. I. 1923.
- Lebedev, G. Geological and hydrogeological explorations in the western part of the Krasnovodsk Peninsula. Transact. Unit. Geolog. and Prospect. Serv. U.S.S.R. Bd. 179. 1932.
- Lüdi, W. Die Sukzession der Pflanzenvereine. Mitteil. Naturf.-Ges. Bern. 1919 (1920).
- Lukkala, O. J. Über die waldwirtschaftliche Entwässerungsfähigkeit der Moore. Comm. Institut. Forest. Fenn. 15. 1929.
- Vollzieht sich gegenwärtig Versumpfung von Waldboden? Commun. Institut. Forest. Fenn. 1934.
- Lundbeck. Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. Arch. Hydrobiol. Suppl.-Bd. 7. Liefg. 1—3. 1926.
- Lundquist, G. Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. Die Binnengewässer. 1927.
- Lungershausen, A. O stratigrafičeskoj samostojatel'nosti otdel'nych ljossovyh gorizontov Ukraïnskoj stepi. Izv. Gosud. Geograf. O-va. 1935.
- Luppov, N. Geological outline of the Eastern Karabugas region after the explorations of 1929 and 1930. Transact. Unit. Geolog. and Prospect. Serv. U.S.S.R. 1932.
- Macartney. Notices, from Chinese sources, on the ancient Kingdom of Loulan or Shen-shen. Geograph. Journal. 1903.

- Machatschek, Fr. Landeskunde von Russisch-Turkestan. Stuttgart 1921.
- Makejew, P. S. (Makejev, P. S.) Karakumy. Russ. Akad. Wissenschaften. 1932.
- Markus, E. Podzolisto-bolotnyje počvy srednej časti Koljskogo poluostrova. Arbeiten der Kolaer Expedition des Petersburger Geographischen Instituts. Bd. 2. 1922.
- Die Transgression des Moores über den Sandwall bei Laiva. Sitzungsber. Naturf.-Ges. Univ. Tartu. Bd. 32. H. 1—2. 1925 (1925 a).
 - Das Komplexprofil von Jätasoo. Sitzungsber. Naturf.-Ges. Univ. Tartu. Bd. 32. H. 1—2. 1925 (1925 b).
 - Naturkomplexe. Sitzungsber. Naturf.-Ges. Univ. Tartu. Bd. 32. H. 3—4. 1925 (1925 c).
 - Metsa ja soo piiri nihkumise sihi määramine. Eesti Mets. 1925 (1925 d).
 - Verschiebung der Naturkomplexe in Europa. Geographische Zeitschrift. Jg. 33. H. 10. 1926.
 - Die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Alatskivi. Acta et Comment. Univers. Tartuensis (Dorpat.). A XIV, 3. 1929.
 - Kameslandschaften Estlands. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Ges. Bd. 82. H. 1. 1930 (1930 a).
 - Naturkomplexe der Kameslandschaften. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Ges. Bd. 82. H. 7. 1930 (1930 b).
 - Naturkomplexe von Alatskivi. Acta et Comment. Univ. Tartuensis (Dorpat.). A XVIII, 8. 1930 (1930 c).
 - Meerestypen. Meteorologische Zeitschr. H. 10. 1930 (1930 d).
 - Chorogenese und Grenzverschiebung. Acta et Comment. Univ. Tartuensis (Dorpat.). A XXIII, 2. 1932.
 - Die südöstliche Moorbucht von Lauge. Acta et Comment. Univ. Tartuensis (Dorpat.). A. XXIV, 5. 1933.
 - Der Nordatlantik als Vertiefungsgebiet barometrischer Minima. Annal. d. Hydrograph. u. marit. Meteorol. 1934.
 - Klimatische Grenzlinien. Annal. d. Hydrograph. u. marit. Meteorol. 1935 (1935 a).
 - Vilo luitemaastiku tekkimiskäik. Eesti Loodus 1935 (1935 b).
 - Soojustüllane meri Euroopa kliima mõjustajana. Eesti Loodus 1935 (1935 c).
 - Kausaalsuhted geograafias. Eesti Kool 1935 (1935 d).
 - Eesti-vene rahvuspiiri nihkumine Petserimaal. Manuskript 1936.
- Mecking, L. Japans Häfen. Mitteil. Geograph. Ges. Hamburg. Bd. 42. 1931.
- Meinardus, W. Eine neue Niederschlagskarte der Erde. Peterm. Mitteil. 1934. H. 1.
- Messikommer, E. Verlandungserscheinungen und Pflanzensukzessionen im Gebiete des Pfäffikersees. Beibl. Viertelj.-Schrift Naturf.-Ges. Zürich. Festschrift Hans Schinz. Jg. 73. Nr. 15. 1928.
- Miklosich, Fr. Die Bildung der slavischen Personen- und Ortsnamen. Heidelberg 1927.
- Moor, H. Die Vorzeit Estlands. Tartu 1932.
- Naumann, E. Grundzüge der regionalen Limnologie. Die Binnengewässer. Bd. 11. Stuttgart 1932.

- Neustrujew, S. (Neustrujev, S.) Opyt klassifikacii počvoobrazovatelnych processov v svjazi s genezisom počv. Leningrad 1926.
- Oswald, H. Die Vegetation des Hochmoores Komosse. Svensk. Växtsoc. Sällsk. Handl. 1. 1923.
- Otozki, P. (Otockij, P.) K voprosu o vlijanii lěsov na gruntovyja vody. Petersburg 1899.
- Gruntovyja vody. II. Petersburg 1905.
- Pallmann-Hafter. Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen in Oberengadin. Berichte Schweiz. Botan. Ges. Bd. 42. H. 2. 1933.
- Passarge, S. Die Grundlagen der Landschaftskunde. I. Hamburg 1919.
- Die Oberflächengestaltung der Erde. Hamburg 1920.
- Vergleichende Landschaftskunde. H. I. Berlin 1921.
- Die Erde und ihr Wirtschaftsleben. Hamburg 1926.
- Aufgaben und Methoden der Landschaftskunde. Geograph. Anzeiger. 1927.
- Wesen, Aufgaben und Grenzen der Landschaftskunde. Peterm. Mitteil. Ergänzungsheft. Nr. 209. 1930.
- Einführung in die Landschaftskunde. Leipzig 1933.
- Pavillard, J. De la statistique en phytosociologie. Montpellier 1923.
- Pax, F. Die Actinien. Ergebn. und Fortschr. der Zoologie. 4. 1914.
- Die Tierwelt Schlesiens. Jena 1921.
- Penck, A. Neuere Geographie. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1928.
- Peus, F. Die Tierwelt der Hochmoore. Handb. Moorkunde. Berlin 1932.
- Planck, M. Der Kausalbegriff in der Physik. Sitzungber. Preuss. Akad. Wissenschaften. Physikalisch-mathematische Klasse. Jg. 1932.
- Post, L. v. Einige südschwedischen Quellmoore. Bull. Geol. Institut. Univ. Upsala. Vol. 15. 1916.
- Ur de sydsvenska skogarnas regionala historia under postarktisk tid. Geol. För. Förh. Bd. 46. 1924.
- Prescott, J. The soils of Australia in relation to vegetation and climate. Commonw. Austr. Counc. Sci. and Industr. Res. Bull. No. 52. 1931.
- Prschewalski, N. (Przevalskij, N.) Četvertioje putešestvije v Centralnoj Azii. Petersburg 1888.
- Ramsay, W. Niveauverschiebungen, eisgestaute Seen und Rezession des Inlandeises in Estland. Fennia. 52. 1931.
- Ramsay-Hackman. Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola. Fennia. 11. 1894.
- Ramström, M. Über die älteste Steinzeitkultur in Asien und Afrika. Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. 1927.
- Rohlf's, G. Kufra. Leipzig 1881.
- Rübel, E. Ökologische Pflanzengeographie. Die Sukzessionen oder der Formationswechsel. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Jena 1913.
- Geographie der Pflanzen. Soziologie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Jena 1923.
- Pflanzengesellschaften der Erde. Bern 1930.
- Russische „Letopisi“: Polnoje sobranije russkich lětopisej. Bd. IV. Petersburg 1848.

- Samuelson, G. Studien über die Wirkungen des Windes in den kalten und gemässigten Erdteilen. Bull. Geolog. Inst. Univ. Upsal. Vol. 20. 1925—1927.
- Sandegren, R. Hornborgasjön. Sver. Geol. Undersökn. Ser. Ca. No. 14. 1916.
- Sauramo, M. Geochronologische Studien über die spätglaziale Zeit in Südfinnland. Fennia. 41. 1920.
- Schlüter, O. Die Ziele der Geographie des Menschen. Berlin 1906.
— Die Erdkunde in ihrem Verhältnis zu den Natur- und Geisteswissenschaften. Geograph. Anzeiger. 1920.
- Schmidt, H. Der jährliche Gang der Niederschläge in Afrika. Archiv Deutsch. Seewarte. Bd. 46. 1928.
- Schokalski, J. (Šokaljskij, J.) Okeanografija. Petersburg 1917.
- Schott, G. Geographie des Atlantischen Ozeans, Hamburg 1926.
— Geographie des Indischen und Stillen Ozeans. Hamburg 1935.
- Schroeter, C. Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1926.
- Schultz, A. Morphologische und jungquartäre Klimaschwankungen der Sandwüste Karakorum in Turkestan. Peterm. Mitteil. 1929.
- Schulz, O. Das Problem landschaftskundlicher Darstellung erläutert an der Teillandschaft Jasmund auf Rügen. Jahrb. Pommersch. Geograph. Ges. 47,48. 1931.
- Serebrjanski, N. (Serebrjanskij, N.) Očerki po istorii monastyrskoj žižni v Pskovskoj zemlě. Moskau 1908.
- Shantz, H. L. Plant succession on abandoned roads in eastern Colorado. Journ. Ecol. 1917.
- Sigwart, Chr. Logik. Bd. I u. II. Tübingen 1921.
- Sölch, J. Die Auffassung der „natürlichen Grenzen“ in der wissenschaftlichen Geographie. Innsbruck 1924.
- Solonewicz, K. H. Geobotanische Übersicht des Gebietes längs dem westlichen Teil der Kem-Uchtinsk-Strasse (Karelien). Acta Inst. Bot. Acad. Sc. Un. Rer. Publ. Sov. Soc. Geobotanika. 1934.
- Sorge, E. Die Trockengrenze Südamerikas. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1930.
- Stein, A. Innermost Asia. Vol. I—III. Oxford 1928.
- Stoltenberg, I. Landschaftskundliche Gliederung von Paraguay. Mitteil. Geograph. Ges. Hamburg. Bd. 88. 1927.
- Strabonis Geographica. Recogn. A. Meineke. Vol. I—III. Leipzig 1852—1853.
- Strabo's Geographie. Übersetzt von K. Kaercher. Dritte Abteilung. Stuttgart 1838.
- Stromer, E. Methoden paläogeographischer Forschung. Geograph. Zeitschr. 1920.
- Sukatschew, W. (Sukačev, V.) Rastitel'nyje soobščestva. Moskau 1926.
- Süring, R. Leitfaden der Meteorologie. Leipzig 1927.
- Tamm, O. Studier over jordmänstyper och deras förhållande till markens hydrologi i Nordsvenska skogsterränger. Medd. Stat. Skogsförsökanst. H. 26. No. 2. 1931.

- Tam me k a n n, A. Eesti maastikutüübid. Publicat. Instit. Univers. Tart. Geograph. № 20. 1933.
- Eesti. Karte Estlands. Massstab 1:200 000. Tartu 1934.
- Taylor, G. The soils of Australia in relation to topography and climate. Geograph. Review. 1933.
- Telschow, A. Der Einfluss des Braunkohlenbergbaus auf das Landschaftsbild der Niederlausitz. Kiel 1933.
- Thorp, J. Geographic distribution of the important soils of China. Bull. Geolog. Soc. China. Vol. 14. 1935.
- Thunmark, Sven. Der See Fiolen und seine Vegetation. Acta Phyt. Suec. 2. 1931.
- Trinkler, E. Die Lobwüste und das Lobnor-Problem auf Grund der neuesten Forschungen. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1929.
- Trotha, Ch. Entwicklung ländlicher Siedlungen im Kösliner Küstengebiet. Schrift. Geograph. Instit. Univ. Kiel. B. 1, H. 2. 1933.
- Tru s m a n n, J. (Trusman, J.) Etimologija mjestnych nazvanij Pskovskago ujezda. Tallinn 1897.
- Tutkowski, P. (Tutkovskij, P.) Piramidalnye valuny v Južnom Polėsšje. Izv. Geolog. Komit. 1900.
- Urkunden des Klosters:
- a) Perepisnaja kniga. Petseri 1646.
 - b) Sbor deneg s raznych měst. Petseri 1686.
 - c) Kopija s perepisnoj knigi. Petseri 1711.
- Volk, O. H. Beiträge zur Ökologie der Sandvegetation der oberrheinischen Tiefebene. Zeitschrift Botanik. Bd. 24. 1930/1931.
- Volz, W. Der Begriff des „Rhythmus“ in der Geographie. Mitteil. Ges. Erdk. Leipzig. 1926.
- Das Wesen der Geographie in Forschung und Darstellung. Mitteil. Ver. Geograph. Univ. Leipzig. 1932.
- Wagner, A. Untersuchungen der säkulären Änderung der Jahresschwankung der Temperatur in Europa. Gerlands Beiträg. Geophys. Bd. 20. 1928.
- Neue Untersuchungen über die Schwankungen der allgemeinen Zirkulation. Meteor. Zeitschr. 1929.
- Wagner, J. Geographische Kausalität, Genese und Dynamik der Landschaft auf kartographischer Grundlage. Geograph. Anz. 1932.
- Walter, H. Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. Jena 1927.
- Walther, J. Das Gesetz der Wüstenbildung. Leipzig 1924.
- Walther. Deutschland. Leipzig 1928.
- Wityn, J. (Vityn, J.) Počvy rajona tabačnych plantacij v Kubanskoj oblasti. Petersburg 1924.
- Woodhead, F. W. The forests of Europe and their development in post-glacial times. Empire Forestry Journal. Vol. 7. 1928.
- Wundt, W. Logik. Bd. I u. II. Stuttgart 1919 u. 1920.
- Ziegler, S. Die Stadt Essen. Essen 1929.
- Zobrist, L. Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchung des *Schoenetum nigricantis* im nordostschweizerischen Mittellande. Beiträge geobot. Landesaufn. Schweiz. H. 18. 1935.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	5
I. Wesen der Kausalität	7
1. Der Kausalbegriff in der Logik	7
7, Die kausale Relation. — Verwitterung des Nephelin-Syenits. — Ursache und Wirkung. — 8, Umstände. — Negative und wesentliche Bedingungen. — Kausale Abhängigkeit. — Kausalprinzip und Satz vom Grunde.	
9, Kausalität und Teleologie. — Kausale und teleologische Betrachtung. — Objektive Teleologie.	
10, Das Kausalprinzip als Postulat. — Kausalprinzip als Erkenntnispostulat der Wissenschaft. — Kritik des Kausalprinzips. — Automatische Folgen von Zuständen. — Antikausale Auffassung. — Heisenbergsche Unschärferelation. — Unmöglichkeit ein physikalisches Ereignis absolut genau vorauszusagen. — 11, Physikalisches Weltbild. — Lücken in der mechanischen Kausalität. — Kausalität und Eindeutigkeit. — Die Begriffe „Bestimmtheit“ und „Bestimmbarkeit“. — 12, Gleichsetzung der vermeintlichen Sicherheit und der Kausalität. — Kausalität als erkenntnistheoretischer Ausdruck der Eindeutigkeit. — Grenzen der Gültigkeit des Kausalprinzips.	
2. Der Kausalbegriff in der Geographie	12
12, Chorologische Auffassung. — Strabo. — 13, Humboldt. — Hettner. — Geographie als Raumwissenschaft. — Ursächliche Zusammenhänge in der Geographie. — Geographische Wirksamkeit. — Örtliche Verschiedenheit.	
14, Die geographische Notwendigkeit. — Die Notwendigkeitsvorstellung in der Geographie. — Ungleichmässige Landhebung in Fennoskandien als Ursache der Transgressionen. — Zeitliche und räumliche Nachbarschaft. — Ursachen des Vorkommens von Oasen in Wüsten. — 15, Teleologische Zusammenhänge.	
II. Methoden der Untersuchung kausaler Relationen	16
1. Naturerklärung	16
16, Feststellung regelmässiger Beziehungen. — Kausale Erklärung. — Geographie als genetisch-erklärende Wissenschaft. — Induktive und deduktive Methode. — Einzelforschung. — 17, Interpretation. — Experimentelle Methode. — Beobachtung.	

2. Vergleichende Methode 17
 17, Sammlung übereinstimmender Erscheinungen. — Vergleichende Methode und Experiment. — Individuelle und generische Vergleichung. — 18, Erlenbruchwaldmoore. — 19, Feststellung ihrer konstanten und veränderlichen Kennzeichen. — Vegetation, Böden und hydrologische Bedingungen der Erlenbruchwaldmoore. — 21, Feststellung kausaler Beziehungen. — 22, Empirische Regeln und Kausalgesetze.
3. Analyse der Landschaft 22
 22, Zerlegung der Landschaft in ihre Bestandteile und deren Behandlung. — Dünenlandschaft. — Ablagerungs- und Abtragungsgebiete. — 26, Absterbende Dünen. — Schlussfolgerungen über die Dünenlandschaft als Ganzes: Entstehung, Verschiebung und Bau. — 27, Bedingungen ihres Auftretens.
4. Vergleichung der Karten 30
 30, Aufstellung geographischer Landschaften. — Chaco. — Kausalbedingtes Zusammenfallen geographischer Räume. — 31, Baltoskandien. — Geschichtlich erklärbare Entstehungsweise geographischer Gebiete. — 33, Parallelisierung der Karten. — 34, Zusammenfallen regenreicher Gebiete mit den Regionen positiver Temperaturanomalien des Oberflächenwassers. — Meerestypen.
5. Vergleichung der Linien 35
 35, Untersuchung bestimmter Erscheinungen längs einer Richtungslinie auf der Erdoberfläche. — Kausalprofil. — 36, Chorographisches Profil. — Zugbahnen barometrischer Minima. — Vertiefungsgebiete der Zyklonen. — 37, Parallelisierung chorographischer Profile. — 38, Bedingung rascher Vertiefung barometrischer Minima.
6. Reihen geographischer Gebiete 40
 40, Topographische Reihe der Böden. — Klimatische Reihe der Landschaften. — Andere Reihen. — Anwendung der Reihen zur Feststellung kausaler Relationen. — Parallelisierung der Reihen. — 42, Nach verschiedenen Bedingungen angeordnete Reihen.
7. Grenzlinien 43
 43, Isolinien. — Gradient und Gefälle. — 44, Grenzlinie und Übergangsgebiet. — 45, Kerngebiete. — Scharungsgebiete der Isolinien. — Analyse einer Grenzlinie. — Die Peipuslinie. — 46, Grenzlinien höherer Ordnung. — 48, Grenzlinien der Wirkungsgebiete. — 50, Ursachen der Entstehung von Grenzlinien. — 52, Klimatische Gliederung der Erdoberfläche.
8. Kausale Erklärung einer nur einmalig auftretenden Erscheinung 53

⁵³, Verwandtschaft zwischen der westindischen und der indo-westpazifischen Litoralfauna. — ⁵⁵, Meeresverbindung über das jetzige Zentralamerika. — ⁵⁶, Ostpazifische Sperre. — ⁵⁷, Tethys. — Gemeinsame Herkunft der westindischen und der indo-westpazifischen Fauna aus der Tethysfauna.

9. **Tabellarische Darstellung der Erscheinungen** 58
⁵⁸, Feststellung kausaler Bedingungen. — ⁵⁹, Basis kausaler Bedingungen.
- III. Landschaft** 61
1. **Kausale Relationen in einer Landschaft.** 61
⁶¹, Tropische Regenwälder Amazoniens. — Tiefland. — Sein Klima. — Der Amazonenstrom. — ⁶², Vegetation und Tierwelt. — ⁶³, Menschenarmes Land. — Kausale Beziehungen in tropischen Regenwäldern.
2. **Landschaft als Produkt des Zusammenwirkens geographischer Faktoren** 64
⁶⁴, Podsolmoor. — Vegetation, Boden, Tiere, hydrologische u. a. Bedingungen. — ⁶⁶, Podsolierung und Ortsteinbildung. — Zusammenwirken der Faktoren. — ⁶⁷, Kausalreihen. — Wechselwirkung. — ⁶⁸, Kombinationen der Grundbedingungen. — ⁷⁰, Entstehung der Podsolmoore durch das Zusammenwirken verschiedener, doch äquivalenter Kombinationen von Grundbedingungen. — ⁷¹, Ersetzbarkeit der Faktoren.
3. **Anpassung der Landschaft an ihre Grundbedingungen** 71
⁷¹, Nadelwälder der Kameslandschaften. — ⁷³, Entstehung und Veränderung der dunklen Bodenschicht der Podsolböden. — ⁷⁶, Anpassung der Landschaft an ihre Grundbedingungen. — ⁷⁷, Anpassungserscheinungen in der Biogeographie und Bodenkunde. — Die Untersuchung der Anpassung als eine wichtige Aufgabe der Geographie.
4. **Harmonie und Rhythmus in der Landschaft** 77
⁷⁷, Harmonie und Kausalität. — ⁷⁸, Rhythmus. — Räumliches Nebeneinander und zeitliches Nacheinander.
5. **Gleichgewichtszustand in der Landschaft** 79
⁷⁹, Gleichgewichtszustand in der Logik. — Dauernde Anpassung. — Verhältnis zwischen Niederschlägen und Hochmoorwölbung. — Grenzoberfläche der Hochmoore. — ⁸¹, Stagnations- oder Stillstandskomplex. — Charakter der Landschaft in ihrem Gleichgewichtszustand. — Konstante Elemente und rhythmische Veränderungen.

6. Erweiterung des Begriffs der Landschaft 81

⁸¹, Westeuropäisches Meer. — ⁸², Seine Abgrenzbarkeit, seine Homogenität und sein kausaler Charakter. — ⁸⁵, Junges Moor. — ⁸⁷, Die Eishöhle. — ⁸⁸, Landschaften als genügend grosse Teile des Festlandes. — Regelmässige Gruppen erdgebundener Erscheinungen. — Physische Regionen des Meeres, Naturgebiete, Naturzonen. — ⁸⁹, Erweiterung des Begriffs der Landschaft auf kleine Einheiten. — Choren. — Landschaftliche Zwergräume. — Gruppen kausal miteinander verbundener Erscheinungen des Festlandes und der ozeanischen Oberfläche. — Naturkomplex.

7. Kulturlandschaft 89

⁸⁹, Der Mensch als kausaler Faktor. — Die Wirksamkeit des Menschen. — ⁹⁰, Der Mensch als Objekt des Wirkens. — Seine Abhängigkeit von der Erdoberfläche. — Teleologie in der Kulturlandschaft. — Kulturoasen. — Bedingungen ihres Entstehens. — ⁹¹, Zweckmässige Tätigkeit des Menschen. — ⁹², Merw. Ferghana.

8. Elemente der Naturkomplexe 94

⁹⁴, Begriff eines klimatischen, topographischen u. a. Elements des Naturkomplexes. — ⁹⁵, Elemente der Natur- und Kulturlandschaften und der ozeanischen Naturkomplexe.

9. Die Landschaftskunde und die Wissenschaften, die einzelne Elemente der Naturkomplexe untersuchen 96

⁹⁶, Zweige der Landschaftskunde. — Moorkunde, Limnologie, Speläologie, Ozeanographie. — Wissenschaften, die Elemente der Landschaft behandeln. — Geomorphologie, Klimatologie, Bodenkunde, Biogeographie, Wirtschaftsgeographie. — Verwandte Begriffe. — Assoziation, Sozietät, Biozönose, Wirtschaftsgebiet. — Verwendung geographischer Methoden zur Untersuchung klimatologischer, biogeographischer u. a. Fragen. — ⁹⁷, Vergleichende Methode in der Biogeographie. — Parallele Untersuchung einer Erscheinung und ihrer Bedingungen. — Kausale Betrachtungsweise in der Biogeographie, Bodenkunde usw. — Ökologische und kausale Tiergeographie. — ⁹⁸, Standort. — ¹⁰⁰, Biotop. — ¹⁰¹, Basis kausaler Bedingungen.

IV. Chorogenese 102

1. Chorogenie 102

¹⁰², Chorogenie. — Herkunft der Wörter „Chorogenese“, „Chorologie“, „Choren“. — Morphogenie. — Sukzession. — ¹⁰³, Methoden der Chorogenie. — Chorogenie als eine geschichtliche Wissenschaft.

2. Die Entstehungszeit der Glieder von Naturkomplexen 104
 104, Geschichtliche Reihenfolge. — Ortsnamenkunde. — 105, Zeitliche Folge der Entstehung verschiedener Glieder einer Landschaft. — 106, Gliederveränderung. — Richtung der Veränderung. — Veränderung des Podsolmoorbodens bei der Versumpfung. — 108, Verwendung der Böden zur Untersuchung der Grenzverschiebung zwischen Wald und Steppe in zwei Richtungen. — Konnexion. — 109, Methoden von Post und De Geers. — 110, Kara-kum.
3. Fremdes Glied 110
 110, Der Begriff „fremdes Glied“. — 111, Vorzeitformen. — Faktum und Richtung der Veränderung. — 112, Entstehungsbedingungen fremder Glieder. — Entstehung der Gips- und Salzablagerungen.
4. Ökogener Entwicklungsgang 112
 113, Quellmoor von Alvastra. — Seine Glieder und Grundelemente. — 118, Klimatisch bedingter Entwicklungsgang. — Der Puulasee. — 120, Topogener Entwicklungsgang. — Diagramme deformierter Strandflächen. — Lithogene, hydrogene, anthropogene, industrielle Entwicklung. — Ökogener Entwicklungsgang. — 121, Teleologie. — Citybildung.
5. Autogener Entwicklungsgang 122
 122, Der Karabugas. — Grundfaktoren seiner Entwicklung. — 123, Ablagerung von Glaubersalz. — 124, Autogene Entwicklung. — 125, Aufstellung des Gleichgewichtszustandes einer Landschaft. — Lobwüste. — 127, Lou-lan. — 132, Charakter einer Deltalandschaft der Wüste in ihrem Gleichgewichtszustande.
- V. Grenzverschiebung 134
1. Begriffe 134
 134, Begriff der Grenzverschiebung. — Transgression und Regression. — Richtung der Verschiebung. — Positive und negative Verschiebung. — 135, Ruhender Zustand. — Allgemeine und lokale Grenzverschiebungen. — 136, Verhältnis zwischen Grenzverschiebung, Chorogenese und Sukzession. — 137, Ursachen der Grenzverschiebung.
2. Untersuchungsmethoden 137
 137, Verwendung fremder Glieder. — 140, Kombinierte Methoden der Chorogenie. — Parallele Behandlung der Strandterrassen und der Pollendiagramme.
3. Verschiebung der Grenzlinie 140
 140, Grenzverschiebung zwischen Wald und Moor. — Veränderung eines Waldmoores bei seiner Versumpfung. — 141, Verschlechterung der Existenzbedingungen zurückweichender Naturkomplexe. —

- 143, Verringerung des Konstanz- und des Bedeckungsgrades der zurückweichenden Pflanzenarten. — Anpassung des Bodens an die neuen Existenzbedingungen. — 144, Versumpfung der Wälder in Finnland und Schweden. — Ursachen des Vordringens des Moores in den Wald.
4. Verschiebung der Landschaft 145
 145, Verschiebung des Waldgürtels der gemässigten Zone. — Grenzverschiebung zwischen Wald und Tundra. — 146, Degradierung der Schwarzerde und Vorrücken des Waldes in die Steppe. — 147, Ursache der Verschiebung der nördlichen und der südlichen Grenze des Waldgürtels.
5. Fremdlingsfaktoren 147
 147, Fremdlings- und Heimatsfaktoren. — Faktoren, die der Landschaft und ihrer Umgebung gemeinsam sind. — Abhängigkeit der Nillandschaft vom Regenreichtum Abessiniens. — Verhältnis zwischen Fremdlingen und fremden Gliedern. — 149, Ausbreitungsweise der Einflüsse von Fremdlingsfaktoren. — Schmale Ausbreitungswege. — Richtungen begünstigter Bewegungen. — Grenzschanke. — 151, Landschaftsbucht. — Pforte. — Klima von San-Franzisko.
6. Kreuzungsgebiete 151
 151, Kreuzungsgebiete der Fremdlingsfaktoren. — 152, Julischer Kulturbereich. — Seine Grundbedingungen. — Faktoren der Kreuzung. — 156, Resultate der Kreuzung. — Gleichzeitiges Wirken der Faktoren. — Auftreten spezieller Erscheinungen beim Zusammenwirken der Faktoren.
7. Vorposten 157
 157, Auftreten der Vorposten bei der Grenzverschiebung. — 158, Das Kloster von Petseri. — Seine Lageverhältnisse: slavische Sprachgrenze; Peipuslinie; schrankenfreie Verlängerung der Peipuslinie. — Grenzverschiebung und Kreuzung in Setukesien. — 160, Kolonisierungstätigkeit des Klosters.
- VI. Komplexe und Typen 162**
1. Kleinste Naturkomplexe 162
 162, Homogenität der Naturkomplexe. — Feststellung der Homogenität der Vegetation und anderer Elemente der Landschaft. — 167, Die Grösse kleinster Naturkomplexe.
2. Verbände von Naturkomplexen 167
 167, Komplexe und Typen Hettner's. — Die Bruchmulde von Lauge als Landschaftsverband. — Andere Verbände. — 171, Die Moorbucht von Lauge. — 172, Landschaftsverbände verschiedener Grössenordnung.

3. Typen der Naturkomplexe	173
<p>¹⁷³, Gattungsbegriffe. — Typen kleinster Naturkomplexe. — Dränier- tes Niedermoor. — ¹⁷⁴, Genetische Klassifikation. — Arten, Gattungen, Familien u. s. w. kleinster Naturkomplexe. — Typen der Landschafts- verbände. — ¹⁷⁷, Konstante und Hauptglieder des Landschaftsverbandes. — ¹⁷⁸, Unterschiede zwischen „Komplex“ und „Typus“.</p>	
4. Das Verhältnis zwischen den Landschafts- verbänden und ihren Gliedern	178
<p>¹⁷⁹, Dimensionen einer Landschaft und ihrer Glieder. — ¹⁸⁰, Anord- nung der Glieder eines Landschaftsverbandes. — Kausale und entwick- lungsgeschichtliche Gesichtspunkte. — ¹⁸¹, Rhythmische Anordnung. — Die Glieder des Landschaftsverbandes als deren Bestandteile und als selbständige Ganze. — Lokale Veränderungen der Glieder. — Grund- bedingungen des Landschaftsverbandes und seiner Glieder. — ¹⁸², Kon- stanz einiger Glieder. — Einfluss des Landschaftsverbandes auf seine Glieder.</p>	
Verzeichnis der Tabellen	185
Verzeichnis der Abbildungen	186
Literatur	187

**EINIGE GEDANKEN ÜBER
DIE AUSBILDUNG DES PRAKTISCHEN
ARZTES**

VON

Prof. Dr. K. SCHLOSSMANN

TARTU 1936

Während des letzten Jahrzehnts hat sich die Medizin rein wissenschaftlich in augenfällig schnellem Tempo entwickelt, gleichzeitig sind aber die medizinische Lehrpraxis und der ärztliche Beruf Gegenstand heftiger Kritiken gewesen und haben sich so mancherlei schwere Vorwürfe gefallen lassen müssen. Es wird immer wieder die Ansicht laut, dass heutzutage der junge Mediziner beim Abschluss seiner Ausbildung über die Heilkunst doch recht dürftig unterrichtet sei und im Grunde von ihr herzlich wenig wisse. Der junge Arzt sei beim Eintritt in die praktische Tätigkeit gezwungen sich ein eigenes System der Heilkunst zu errichten. Aus allen Ländern hört man immer häufiger von mannigfachen Hemmungen und Hindernissen, die dem praktischen Arzte bei der Ausübung seines Berufes entgegenstehen und unvermeidlich ein Sinken des ärztlichen Ansehens sowie einen fortschreitenden Verfall der Berufsethik nach sich ziehen müssen. Das praktische Leben gewährt uns zahlreiche Beispiele dafür, dass unsere wissenschaftliche Schulmedizin und die praktische Heilkunde zu schroff auseinanderklaffen. Es wird immer wieder hervorgehoben, dass zur Aneignung der theoretischen Kenntnisse eine mittlere Begabung durchaus genüge, während die praktische Medizin beim Lernen eine besondere Veranlagung und eine intuitive Geschicklichkeit voraussetze. Wollte nun eine Person, der es an dieser notwendigen, gewissermassen künstlerischen Befähigung mangelt, sich der Bürde des ärztlichen Berufes unterziehen, so würde sie im besten Falle einen medizinischen Techniker oder Handwerker abgeben, zum Schaden der Patienten und zum Nachteil des gesamten Standes sowie ihrer selbst. Ein solcher Standpunkt erzeugt die Notwendigkeit einer besonderen Auslese unter den Aspiranten auf den ärztlichen Beruf, deren Durchführung mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden sein dürfte, da wir hierzu einer jeglichen auch nur halbwegs gesicherten Grundlage entbehren. Ferner wissen wir, dass der Künstler im Arzt sich überhaupt erst in der praktischen Be-

tätigung herausstellen kann. Zieht man alle diese Schwierigkeiten und Vorwürfe in Betracht, so wird man zugeben müssen, dass es in unseren Tagen den jungen Leuten, die ihr Leben dem ärztlichen Berufe weihen wollen, an einer gehörigen Dosis von Mut und Zuversicht zur Gestaltung ihres Lebensschicksals wohl nicht mangle; nur pflegt das Schicksal seine Opfer nicht zu schonen.

Es lässt sich nicht in Abrede stellen, dass der Zwiespalt zwischen der wissenschaftlichen Schulmedizin und dem Wirken des praktischen Arztes tatsächlich eine bedauernswerte Verwirrung in der Heilkunde hervorgerufen hat, und die verantwortlichen Kreise aller Länder können sich dem Gefühl nicht verschliessen, dass dem medizinischen Unterrichte so manches Wesentliche fehle. Im Interesse einer Abstellung dieser Mängel ist die Reform des medizinischen Unterrichts in der letzten Zeit Gegenstand mannigfacher Erörterungen gewesen, und der in dieser Richtung gemachten Vorschläge sind nicht wenige: z. B. Verlängerung des Studiums, besonders des klinischen Unterrichts, zweckentsprechendere Verteilung der Fächer u. dgl. m. Die Zweckdienlichkeit vieler von diesen Anregungen ist unbestreitbar. Immerhin dürften die kleinen Staaten mit solchen Reformversuchen nicht zu weit gehen, denn ganz abgesehen von dem heutigen schnellen Lebenstempo erlaubt uns die wirtschaftliche Tragkraft unseres Volkes weder die Dauer des medizinischen Studiums zu sehr in die Länge zu ziehen, noch auch in unbegrenzter Anzahl Lehrstühle zu schaffen, selbst wenn dieses nicht selten als durch die Notwendigkeit diktiert erscheinen könnte; ebenso ginge es über unser Vermögen, für alle Sondergebiete der medizinischen Wissenschaft glänzend ausgerüstete Institute ins Leben zu rufen. Endlich muss bei jeglichen Diskussionen über die Reformprobleme darauf Bedacht genommen werden, dass nicht an der Hauptfrage vorbei geredet werde. Kaum dürften wir jemals dahin gelangen, die praktische Heilkunde zu einer reinen Wissenschaft zu gestalten. Eine Verlängerung der klinischen Schulung wäre gewiss imstande dem Lernenden eine grössere Summe von Spezialkenntnissen zu vermitteln und deswegen einen guten und nützlichen Fachmann auszubilden, kaum aber wäre dadurch die Ausbildung zu einem tatsächlich tüchtigen praktischen Arzt gewährleistet. Sowohl Lehrende wie Lernende der Medizin sollten sich in erster Linie bewusst

sein, dass die Aufgaben des praktischen Arztes in der Gegenwart sich nicht nur auf die Diagnose, Prognose und Therapie der Krankheiten beschränken. Die Heilkunst kann nicht mehr als ausschliesslicher Wertmesser vom Können des praktischen Arztes betrachtet werden, wenn sie auch einer der wesentlichsten Faktoren bleibt. Ich möchte den in unseren Reihen immer lauter erschallenden Ruf: „Zurück zu Hippokrates“ nicht unterstützen, womit ich allerdings auch nicht gerade sagen möchte, dass wir hinsichtlich der Prognose und besonders der Therapie nichts von Hippokrates und vielen anderen Ärzten vergangener Zeiten lernen könnten. Eines ist aber sicher, nämlich dass der praktische Arzt unserer Tage den Geist der Zeit, in der er lebt, und ebenso das Milieu, in dem er arbeitet, nicht ignorieren darf. Zum richtigen Verstehen und Einschätzen dieser Faktoren bedarf es für den praktischen Arzt „einer Gabe für das Erfassen bestimmter Richtlinien und der Kraft des Übersehens“.

In der modernen Medizin schlägt der Grundsatz, dass es leichter sei Krankheiten zu verhüten als sie zu heilen, immer tiefere Wurzeln. Als die besten Propheten hinsichtlich der Verhütung von Krankheiten erweisen sich immer noch zweifellos die Ärzte, die sich das Vertrauen der breiten Volksmenge erwerben können und über die nötigen theoretischen Kenntnisse und praktischen Erfahrungen in der zeitgemässen prophylaktischen Medizin verfügen. Dazu muss man den Entstehungsprozess der einzelnen Krankheiten, die Wege ihrer Ausbreitung, das Milieu, das eine Ausbreitung besonders begünstigt, die spezifischen Lebensgewohnheiten und die seelische Veranlagung einzelner Personen, Familien, ja des ganzen Volkes genau überschauen können. In der Massenpsychologie gilt der Satz: das Ganze ist nicht die Summe der Teile, sondern durch deren gemeinsames Wirken kommt ein Ergebnis besonderer Art zustande. Die Heilkunde lässt sich nicht in der Reihe der exakten heimatlosen und international gleichen Wissenschaften unterbringen, denn der praktische Arzt wie auch der an der Lösung theoretischer medizinischer Probleme Arbeitende hat es im wesentlichen doch mit einem Material aus dem Bereiche eines bestimmten Volkes zu tun: wir wissen aber, dass die verschiedenen Völker, und viel mehr noch die verschiedenen Rassen, weitgehende morphologische und psychologische Unter-

schiede zeigen. Ebenso abweichend ist aber auch die Umgebung, in der das eine oder das andere Volk lebt.

Die Eigentümlichkeiten eines Volkes und seiner Lebenslage sind die Faktoren, die den spezifischen Boden für die Ausbreitung von Krankheiten bilden. „C'est le terrain, qui fait la maladie“, betonen die französischen Ärzte. Von den geographischen Gegebenheiten und ihren Veränderungen hängen die abweichenden Erscheinungsformen der nämlichen Krankheit in den verschiedenen Teilen der Erde ab, wie ebenso auch die in längeren oder kürzeren Zeitabschnitten zutage tretenden charakteristischen Abweichungen im Ablauf einer Krankheit bei einem und demselben Volke. Wir wissen, dass wohl ein jedes Volk seine eigentümlichen volksmedizinischen Heilmittel und -methoden hat, die aber keineswegs von nur zufälligem Charakter und ohne tiefere Begründung sind, die sich vielmehr aus den Erfordernissen des täglichen Lebens heraus entwickelt haben. Das sind Tatsachen, die klar dartun, dass die wissenschaftliche Schulmedizin wie auch die praktische Heilkunde unvermeidlich völkische Züge annehmen müssen, wenn anders sie vom Standpunkt der heutigen Wissenschaft aus noch als vollwertig erachtet werden wollen. Der bekannte amerikanische Chirurg Cushing klagt darüber, dass die amerikanische praktische Medizin wie auch die Tätigkeit der Ärzte eine dem amerikanischen Volke fremde Richtung eingeschlagen hätten, die durch aus unerwünschte Schatten auf den ärztlichen Stand fallen liesse. Eine gründliche Kenntnis der völkischen Eigentümlichkeiten und ihre sachgemässe Verwertung dürften einen sicheren Ausgangspunkt zur Förderung der Belange der praktischen Heilkunst bilden.

Es ist allgemein bekannt, dass eine entsprechende Diät bei vielen Krankheiten eine Besserung bewirken kann. Ich möchte aber nicht glauben, dass es jemals gelingen dürfte zu diesem Zwecke wissenschaftlich einen internationalen Diätstandard zu fixieren. Auch hier muss sowohl für den Arzt als für den Kranken selbst ein gewisser Spielraum hinsichtlich der Auswahl gewahrt bleiben. Wir können es ja beobachten, wie ein krankes Tier, vom Instinkt geleitet, sich je nach Geruch und Geschmack die geeignete Nahrung auszusuchen trachtet. Nahrung und Gesundheit stehen in engstem Zusammenhang. Die moderne Heilkunde fordert eine Regulierung der Ernährung

in der Richtung, dass der Organismus gestärkt und gegen Krankheiten geschützt werde.

Das Verständnis für eine geeignete Nahrungsauslese war bei vielen Völkern schon im grauen Altertum entwickelt. Der Eskimo isst hauptsächlich Fleisch, Fisch und Seehundstran, während der Tropenbewohner sich von Früchten und Maisspeisen nährt. Die Nahrungsweise dieser Völker unterscheidet sich somit aufs krasseste, sie entspricht aber den Anforderungen der Volkshygiene. Dr. Hall stellte (1902) fest, dass in England bei Kindern von Juden Rachitis und kariöse Zähne augenfällig seltener vorkommen, als bei Kindern aus hinsichtlich der Wohnungsverhältnisse gleich gestellten englischen Familien; aber jene nähren sich und ihre Kinder in hinreichendem Masse mit an den Vitaminen A und D reichen Stoffen, wie Öl, Butter, Milch, Eier, Fisch, Früchte und Grünzeug, während in der Nahrung der Engländer an den genannten Vitaminen arme Mehlspeisen eine grosse Rolle spielen. Auf den schottischen Inseln kennt man, soweit untersucht wurde, Rachitis überhaupt nicht, obgleich das Volk hier zum Teil unter äusserst unhygienischen Bedingungen lebt; auch weist die Kindersterblichkeit dort die geringste Ziffer gegenüber dem ganzen übrigen England auf. Aber dort werden die Kinder hauptsächlich mit Muttermilch gefüttert, und die bevorzugte Nahrung der Bewohner sind Fische und die vitaminreiche Fischleber. In vielen alten religiösen Lehren und Sitten finden wir auch die Nahrungsweise (Fasten, verbotene Speisen u. dgl.) fixiert, die sich nur zu häufig als der Erhaltung der physischen Widerstandskraft sehr zweckdienlich erwiesen hat. Natürlich mangelt es auch nicht an Gegenbeispielen. Die Gewohnheiten eines Volkes hinsichtlich der Ernährung sind in ganz wesentlichem Masse durch seine Sitten bedingt. Hopkins macht geltend, dass das Bedürfnis nach geographisch erreichbarer und geeigneter Nahrung, deren Charakter und Menge im Verlaufe der Geschichte eine grosse Rolle für das Schicksal der Rassen gespielt habe. Eine Nichtbefriedigung dieser Bedürfnisse hat bei so mancher Rasse einen Rückgang der Zeugungsfähigkeit und Degeneration bedingt, andererseits aber auch den Auswanderungsdrang genährt und zu kriegerischer Aggressivität geführt. Nach Mc Lester wird auch in Zukunft die Rolle des Menschen in der Geschichte ganz wesentlich von der Nah-

rung abhängen, deren er sich bedient. Anthropologische Untersuchungen (Kanzaki, Parson u. a.) und Versuche an Tieren (Donaldson, Sweezy, Sherman u. a.) haben erwiesen, dass sich mittelst optimaler Ernährung die Vererbung beeinflussen und eine Hebung der Zucht erzielen lässt; so etwa bei Tieren eine Steigerung des mittleren Gewichts, eine Kräftigung der Knochen und inneren Organe, eine Intensivierung der physiologischen Funktionen und eine Verlängerung der mittleren Lebensdauer. Beim Menschen ist eine Stärkung der physischen Widerstandskraft, eine Steigerung des mittleren Wuchses und Gewichtes beobachtet worden. Der mittlere Wuchs der Chinesen auf den Hawaii-Inseln ist ein höherer als jener der an Unterernährung leidenden Einwohner Chinas. Die englischen Aristokraten sind im Mittel von höherem Wuchs als die Arbeiter. Cowgill meint, dass zahlreiche einzelnen Familien eigentümliche Krankheitserscheinungen (Diathese, Prädisposition) sich nur zu häufig auf die in den Familien herrschenden Gewohnheiten oder Sitten zurückführen liessen, die eine Unter-, Über- oder zu einförmige Ernährung involvierten. Es wird behauptet, dass der Appetit nach bestimmten Speisen letzten Endes nicht durch Erfahrung erworben werde, sondern angeboren sei. Die Tiere suchen sich immer eine nahrungspsychologisch zutreffende Nahrung, die auch lebensverlängernd wirkt (D. Katz).

Diese in ganz beschränkter Zahl beigebrachten Beispiele mögen als Illustration dafür dienen, dass es unmöglich sein dürfte, einen Nahrungsstandard zu fixieren, der den Anforderungen aller Völker genügen könnte oder gar als Optimum anzusprechen wäre. Die Ernährungsweise eines Volkes steht ausserordentlich häufig in engstem Zusammenhang mit dessen eigentümlichen Charakterzügen, und gerade hinsichtlich der Erkenntnis dieser Zusammenhänge bleibt uns kleinen Völkern noch mancherlei zu leisten. Im Volke verbreitete Sitten und Gebräuche sowie religiöse Vorurteile hinsichtlich der Ernährung, die eine physische wie geistige Verkümmern einzelner Personen, Familien oder gar des ganzen Volkes verursachen könnten, kann der praktische Arzt aufs erfolgreichste unterdrücken. Andererseits soll er aber auch alle jene Sitten und Gebräuche geziemend anerkennen und unterstützen, gegen die sich nicht nur nichts einwenden lässt, sondern die vielmehr geeignet sind,

die physische Struktur und Widerstandsfähigkeit zu stärken und den kulturellen Fortschritt zu fördern. Wie oft irren die Ärzte unserer Tage, wenn sie, ohne die Eigentümlichkeiten der Nahrungsweise des Volkes zu kennen, die Beschaffungsmöglichkeiten für die Produkte und die wirtschaftliche Lage der Patienten zu berücksichtigen, den Kranken eine kostspielige und unbeschaffbare Diät vorschreiben, die sich durch eine billigere und leicht erhältliche ersetzen liesse. Das Problem der Volksernährung gehört nicht nur in den Tätigkeitsbereich der Ärzte, die zweckentsprechende Regelung der politisch-ökonomischen Seite der Frage kompetiert ebenso vor die Volkswirtschaftler und die Lenker des Staates.

Die prophylaktische Medizin behandelt heutzutage in weitestem Umfange Probleme der Konstitution, Vererbung, Rassenhygiene — Eugenik. Eine Sanierung der Rasse erstreben gegenwärtig alle Kulturstaaten. Eine medizinische Schule, in der die Grundzüge dieser Fragen nicht gelehrt und von der aus keine entsprechenden Untersuchungen innerhalb des eigenen Volkes vorgenommen würden, ist daher nicht gut denkbar. Wir, als kleine Völker, dürfen im besonderen an diesen Problemen nicht vorübergehen, denn die aus der Fremde entliehenen Kenntnisse brauchen auf uns noch keineswegs anwendbar zu sein. Konstitution, Vererbung und Eugenik gehören aber nicht mehr bloss zu den Problemen der Wissenschaft; heute darf wohl kein Arzt diese Dinge ignorieren. An der Lösung dieser schwierigen, verantwortungsreichen und oft sehr delikaten Fragen kann der praktische Arzt aber nur dann erfolgreich mitarbeiten, wenn seine Arbeitsbedingungen es ihm ermöglichen, dauernd seine Patienten und deren Familien zu beobachten; denn hier hat er es mit Fragen zu tun, auf die er nur in dem ungeschriebenen Buche seiner Lebenserfahrung Antwort finden kann. Unser Zeitalter gewährt dem Arzte diese Möglichkeit leider in nur zu geringem Masse. Das Leben stürmt in schnellem Tempo dahin, der dauernde Kontakt des Arztes mit seinen Kranken wird unterbrochen, die Patienten wechseln vor den Augen des Arztes in kaleidoskopisch bunter Folge, die Tätigkeit des Arztes ist eine mehr oder weniger mechanische geworden und die Sorge für die Kranken eine mangelhafte. Die Krise im wirtschaftlichen und geistigen Leben hat neben ihren sonstigen Misständen auch eine Reihe

von Kulturkrankheiten hervorgerufen — Neurosen, die sich geradezu epidemisch verbreiten, denn „die Krankheiten sind ansteckend nicht nur im Sinne einer Bakterienübertragung, sondern auch als seelische Infektion“. Der Arzt ist ausserstande diese Krankheiten zu heilen, denn es fehlen ihm die Möglichkeit und die Zeit mit den seelischen Gebrechen der Patienten bekannt zu werden. Solche Kranke verlieren das Vertrauen zum Arzt und stürmen hilfesuchend zu den approbierten und nichtapprobierten Wunderdoktoren. Der Typus des Hausarztes der alten Zeit ist fast vollständig verschwunden. Damit ist den Ärzten eine der besten und wertvollsten Möglichkeiten genommen, den einzelnen Kranken, seine Familienangehörigen, die Schattenseiten des Familienlebens und die auf Vererbung beruhenden Erscheinungen dauernd zu beobachten. Durch den Zwang dieser Verhältnisse ist der Arzt nicht mehr in der Lage, die Ursachen so mancher sich schleichend und scheinbar schleierhaft entwickelnden Neurosen und somatischen Krankheiten klarzustellen, es erweist sich ihm als unmöglich Krankheiten zu verhüten und das Milieu psychisch zu sanieren, er kann nicht mehr bei der Erziehung der Kinder hilfreiche Hand bieten und wichtige Fragen der Ernährung und Regulierung der physischen Arbeit zweckentsprechend entscheiden helfen. Der Mehrzahl der Ärzte unserer Zeit ist eigentlich nur die Möglichkeit geblieben, das eine oder andere Mittel zu verschreiben, nicht aber seelische Erkrankungen zu verhindern, was eine unvermeidliche Vorbedingung zur Verhütung somatischer Gebrechen ist. Das Wort Schillers: „Es ist der Geist, der sich den Körper baut“ dürften wir nicht vergessen.

Eine Reform des medizinischen Lehrganges so durchgreifender Art, dass sie uns bei den heutigen Zeitläuften eine den Erfordernissen des praktischen Lebens und des ärztlichen Standes tatsächlich allseitig entsprechende Vorbereitung des praktischen Arztes gewährleisten könnte, ist natürlich undenkbar. Dazu sind unsere Kenntnisse von den Ursachen und der Genese der Krankheiten, ihrer Diagnose und Therapie noch zu lückenhaft. In vielen Fällen bezeichnen wir die Krankheiten nur einem augenfälligen Symptom nach und kurieren nicht die Krankheit, sondern eben nur das Symptom. In anderen Fällen übersehen wir zwar die Ursachen der Krankheit, aber es fehlen uns die spezifischen Mittel zur Durchführung einer kausalen

Behandlung und wir müssen uns wiederum auf die Bekämpfung der Symptome beschränken. Dem Arzt ergeben sich hierbei Schwierigkeiten hinsichtlich der Behandlungsweise, denn er muss aus dem grossen, aber dennoch lückenhaften Heilmittelarsenal ein solches Mittel auswählen, das dem Kranken zwar Erleichterung schafft, dabei jedoch die natürlichen Heilkräfte im Körper nicht unterbindet. Wenn der junge Arzt die Universität verlässt, so nimmt er eine mehr oder weniger grosse Menge von Kenntnissen über die verschiedensten Heilmittel mit. Kaum aber steht er im praktischen Berufe, so erweist es sich, dass die Patienten die von ihm verordneten Arzneien nicht anerkennen; sie bezeichnen sie als rückständig und verlangen moderne Mittel. Hinsichtlich der Heilmittel sind wir gegenwärtig geradezu zu einer Modekrankheit gelangt, deren negative Seiten sich auch in der Heilkunde aufs spürbarste bemerkbar machen. Ein überhasteter Progress, die Verleugnung des Begriffes der Solidität, der Drang nach Bereicherung, eine erbarungslose Konkurrenz und die Ignorierung der Zweckmässigkeit bedingen die Überproduktion auf dem Gebiete der Heilmittel. Wir ertrinken förmlich in einem Überfluss an Patentmitteln und Spezialprodukten, die uns eine aufdringliche und suggerierende Reklame anbietet. Wenig kontrollierte und häufig wertlose Mittel werden als spezifisch gegen Dutzende von Krankheiten angepriesen. Ärzte und Pharmazeuten werden versteckt in die Verbreitung solcher nur aus Geschäftsrücksichten auf den Markt geworfener Produkte hineingezogen. Es ist auch kein Geheimnis, dass viele Ärzte, sogar Träger bekannter Namen, wissenschaftliche Arbeiten schreiben, in denen uns ein neues Mittel empfohlen wird, obwohl dieses Mittel einer wissenschaftlichen Kritik nicht standhält. Das ist ein trübes Kapitel der modernen medizinischen Wissenschaft und Heilkunde. H. Cushing sagt von Amerika, dass die Erfinder und Hersteller von Patentmitteln eine Armee von Parasiten bilden, die die Märkte der ganzen Welt mit wenig kontrollierten und nur zu häufig minderwertigen Produkten und die periodische Presse mit einer unverantwortlichen Reklame überschwemmen. Diese Gefahr der Überflutung des Marktes hauptsächlich mit fremden Waren bedroht auch ganz wesentlich die kleinen Staaten, in denen die Herstellung eigener Mittel noch nicht in genügendem Umfange entwickelt und das Vertrauen zur eigenen Leistung

nicht genügend vorhanden ist. Gegen diese Gefahr muss aufs schnellste Abwehr geschaffen werden, denn sie verursacht wirtschaftlich nur Schaden, demoralisiert die Patientenschaft und lässt auch den Ärzte- und Pharmazeutenstand nicht unberührt. Es ist die höchste Zeit, die Förderung der einheimischen Produktion energisch in Angriff zu nehmen. Besondere Aufmerksamkeit wäre der Zucht offizineller Pflanzen und deren wissenschaftlicher Erforschung zuzuwenden. Hierbei wäre zweifellos eine enge Zusammenarbeit der unter dem gleichen Mangel leidenden Nachbarstaaten notwendig. Die praktischen Ärzte sind sich häufig zu wenig darüber im klaren, was uns in dieser Hinsicht unsere Heimat zu liefern vermag. Es liegt keinerlei Grund vor jene etwas naiven wissenschaftlichen Arbeiten ernst zu nehmen, in denen ein Autor die in unserem Klima gezüchteten offizinellen Pflanzen als unbrauchbar hinstellt, bloss weil sie um einige Zehntel $\%$ weniger von dem einen oder anderen Stoffe enthalten als die im Süden gewachsenen. Wenn irgendein Kassenlöwe eine Kompresse aus einheimischem Kamillentee verordnet, so wirkt sie gut; aber sie erweist sich als unwirksam, wenn ein weniger bekannter Arzt sie verschrieben hat. Wir dürfen nicht ausser acht lassen, dass in der praktischen Heilkunde noch immer der Satz seine Geltung hat: „Was der Arzt tut oder ordiniert, ist viel weniger wichtig als das, was das Volk von ihm glaubt“. Der praktische Arzt unserer Tage muss sich davor hüten, zum blossen Patentmittelausteiler herabzusinken. Er versuche es vielmehr, das Eindringen des fremden und schadenbringenden Elements ins Volk zu verhindern und wende seine Aufmerksamkeit den in Vergessenheit geratenen galenischen Heilmitteln vergangener Tage zu, in der Erwägung, dass $\frac{9}{10}$ der Kranken wahrhaftig keines modernen wissenschaftlichen Arztes mit seinen kostspieligen Apparaten und Modemitteln bedürfen, von denen doch nur ein Bruchteil chemisch wirkt, während der grössere Teil nur einen psychischen Einfluss ausübt und nicht selten gar schadet. Zugunsten der galenischen Heilmethode sprechen auch die Ergebnisse nicht weniger wissenschaftlicher Untersuchungen aus jüngster Zeit. Natürlich möchte ich hierbei die Bedeutung so mancher wertvoller neuer Heilmittel für die praktische Medizin keinesfalls in Abrede stellen.

Es scheint, dass unser Zeitalter der wissenschaftlichen

Schulmedizin besonders reich an Wunderdoktoren ist. Die Ursache dieser paradoxen Erscheinung dürfte darin zu suchen sein, dass der praktische Arzt unserer Tage in einem Gewirr von komplizierten Apparaten und Heilmethoden, in der Diagnose und Therapie somatischer Leiden versinkt, während er darüber den Menschen mit seiner kranken Seele, die aber ebenso der Behandlung bedarf, unbeachtet lässt. Es ist nicht abzuleugnen, dass die heutige medizinische Literatur und die Ärzte selbst nur zu sehr von der Anschauung beherrscht sind, dass nur psychogene Krankheiten und funktionelle Störungen der seelischen Beeinflussung zugänglich seien, nicht aber organische Leiden, wie das die moderne medizinische Psychologie lehrt. Es scheint auch, als behandelte die Mehrzahl der medizinischen Lehrer diese Frage im Unterricht in nur ungenügender Weise. Dabei kann aber heute keinem Zweifel unterliegen, dass bei somatischen Leiden die krankhaften Vorstellungen aus dem Grosshirn die ruhige Heilarbeit der Natur mehr oder weniger stören. Wir wollen uns nur daran erinnern, dass auch die Wunderärzte durch ihre Glauben erweckende Persönlichkeit hauptsächlich solche Patienten erfolgreich zu behandeln vermögen, bei denen Störungen des seelischen Gleichgewichts vorliegen. Die Resultate solcher Kuren erscheinen uns als Wunder, denn ein zu hoher Prozentsatz unserer Zeitgenossen, zumal der periodischen Presse, bemüht sich die geringsten, nicht ganz alltäglichen Ereignisse und Erscheinungen als Sensation hinzustellen. Wir machen damit nur für die Wunderärzte Reklame und lassen uns durch eine aufgebauschte und übertrieben dargestellte Bagatelle, mit der sie fertig geworden sind, in den Schatten stellen, wagen es aber nicht, die grossen Erfolge auf dem Gebiete der zeitgenössischen wissenschaftlichen wie praktischen Heilkunde richtig einzuschätzen und weithin bekanntzugeben. Es dürfte wohl nicht zu bezweifeln sein, dass die praktische Heilkunde vom Arzt für eine erfolgreiche Arbeit besondere Künstlergaben und einen unerschütterlichen Glauben an seine Kur erfordert. Doch sehen wir, dass seine Arbeit durch mannigfache äussere Einflüsse, die durchaus nicht jedesmal vom Arzte abhängen, unterstützt oder gehemmt werden kann. Dr. Salomon aus Argentinien schreibt: „Zu einer erfolgreichen ärztlichen Kur sind drei Dinge nötig: ein guter Arzt, eine gute Krankheit und ein guter Patient“. Als Ergän-

zung möchten wir hinzufügen: ein gutes Milieu. Wir wissen, dass die berühmten Wunderärzte durchaus nicht in jedem Milieu arbeiten können, sondern sich ihre Patientur aussuchen. Es sind genügend Belege dafür vorhanden, dass auch der Erfolg der Tätigkeit eines Arztes nur zu häufig vom Orte seiner Wirksamkeit und vom Volke abhängt. Die Kranken eilen dorthin, wo sie Erlösung von ihren Leiden erhoffen. In jedem Volke lebt in grösserem oder geringerem Masse der Glaube an das Wunder auf dem Gebiete der Heilkunst, und wir Ärzte sind nicht berechtigt diesen Glauben durch verstandesmässige Erklärungen zu untergraben, denn wir glauben selbst an für uns ungreifbare Einflüsse, die auf den Gang der Krankheit bestimmend einwirken können.

Wir brauchen in unseren Tagen nicht, wie das in früheren Zeiten der Fall war, zu glauben, dass der leibhaftige Teufel bei der Entstehung von leiblichen und geistigen Krankheiten wirksam sei. Am meisten braucht den Glauben an unbegreifliche Einflüsse der Arzt selbst, denn dieser Glaube ist der geeignete Boden für die moderne Psychotherapie, deren Bedeutung in der heutigen Heilkunde nicht verneint werden kann. Der Arzt muss es aber verstehen, den Volksglauben in die richtigen Bahnen zu lenken, um ein Abgleiten in Extreme zu verhüten.

Hippokrates sagte, dass die ärztliche Hilfe dann nötig sei, wenn die natürlichen Kräfte des Körpers, die Physis versagt habe. Die Erfüllung dieser Forderung setzt beim praktischen Arzt einen besonders geschärften Blick, eine eingehende Kenntnis jedes einzelnen Patienten und eine grosse Erfahrung in der zweckmässigen Wahl der Heilmittel voraus, denn die heutige wissenschaftliche Schulmedizin gibt in dieser Hinsicht doch nur mehr Fingerzeige allgemeinen Charakters. Unser nervöses Zeitalter scheint nicht zuletzt ein gutes Stück dazu beigetragen zu haben, dass der praktische Arzt heutzutage dem Kranken augenfällig viel mehr Medikamente verschreibt wie früher, so dass wir in der Heilkunde nicht mit Unrecht von dem Übel einer forciert medikamentösen Methode sprechen können. Selbstverständlich sind sich zahlreiche Ärzte dessen durchaus bewusst, dass ein grosser Teil der von ihnen verordneten Arzneien nur eine psychogene Wirkung ausüben kann. Doch muss dabei im Auge behalten werden, dass auch in der Psychotherapie die Dosierung eine Kunst vom Arzte erfordert;

ebenso ist es auch bei der Entscheidung der Frage über die Zulässigkeit ihrer Anwendung in den einzelnen Fällen, denn ein Forcieren in dieser Hinsicht kann sich auf den Kranken schädlich auswirken. Die besten Mittel in der Psychotherapie sind das Vertrauen zur Persönlichkeit des Arztes und die „Zauber Macht des Wortes“, während ein Überfluss an verordneten Medikamenten von häufig unbekannter Wirkung unserem Organismus nur schaden kann. Zur Erhärtung des Vorliegens dieser Möglichkeit hier nur ein Beispiel: die amerikanischen Ärzte Wagone r und Church ill konstatierten, dass 80—100% der Hunde, denen längere Zeit hindurch Atophan per os verabfolgt wurde, an Magen- oder Duodenalulcus erkrankten. Die im Bakteriologischen Institut der Universität Tartu an Kaninchen vorgenommenen analogen Versuche zeigten, dass bei 100% der Versuchstiere sich zunächst eine Entzündung der Magenschleimhaut zeigte und später ein oder mehrere typische ulcera auftraten. In der Literatur finden sich zahlreiche Fälle, in denen der Gebrauch von Atophan toxische Erkrankungen der Leber und anderer innerer Organe bedingt hat, die häufig den letalen Ausgang herbeiführten. Auch bei uns ist bisher Atophan hinreichend häufig zur Heilung verschiedener rheumatischer Krankheitserscheinungen angewandt worden, doch möchte ich allerdings nicht behaupten, dass das bei allen Patienten Magengeschwüre hervorgerufen hätte, denn die Versuchswissenschaft kann die Beobachtungsergebnisse zwar vervollständigen und berichtigen, nicht aber ersetzen. Ich möchte nur warnend daran erinnern, dass es zahlreiche Medikamente gibt, deren Gebrauch einer sorgfältigen Kontrolle seitens des Arztes bedarf. Neben dem übertriebenen Gebrauch von Heilmitteln macht sich heutzutage bei den praktischen Ärzten auch die Neigung zu einer übertrieben häufigen Visitierung der Patienten bemerkbar, was aber infolge des mehr oder minder oberflächlichen Charakters der Besuche durchaus nicht jedesmal den gewünschten Nutzen weder dem Arzt noch dem Kranken bringt. Die Dosierung der Krankenvisiten erfordert auch ein Verständnis seitens des Arztes, denn wiederholte Verstöße auch in dieser Hinsicht können des Ansehen des ärztlichen Standes empfindlich schädigen.

Ich möchte glauben, dass die Zeit nachgerade dazu dränge, das in der modernen Heilkunde eingerissene schnelle Tempo

und ebenso die Intensität der Anwendung von Heilmethoden zu dämpfen. Die besten Initiatoren in dieser Richtung wären zweifellos solche Ärzte, die von dem Wunsche beseelt sind, die praktische Heilkunde auf einer soliden Grundlage basieren zu sehen. In jüngster Zeit beginnt man mehr die mit der protektiven Therapie erzielten Resultate zu verfolgen, bei deren Anwendung die kranken Gewebe oder Organe oder der kranke Mensch vor allen solchen äusseren oder inneren Faktoren geschützt werden sollen, die eine Besserung des Krankheitsprozesses hemmen oder ihn gar verschlimmern könnten. Zu diesem Zwecke ist es notwendig, den Kranken in einen Zustand funktioneller und psychischer Ruhe zu bringen und dabei nach Möglichkeit ihn auch in ein gesundes Milieu zu versetzen, denn auch die Gesundheit wirkt bis zu einem gewissen Grade ansteckend. Ich erwähne in diesem Zusammenhang nur die Heilmethode Löhr's (Magdeburg), der mit chemisch indifferenten Ölen, besonders mit Lebertran, eine hervorragende klinische Heilwirkung auf verschiedene infizierte Wunden, sowie auf Panaritien, Osteomyelitiden usw. akuter oder chronischer Natur erzielt hat, obwohl Lebertran und andere Öle keine die Infektionskeime in ihrer Entwicklung hemmende oder sie gar tödende Kraft besitzen. Versuchsmöglichkeiten in dieser Richtung ergeben sich für den praktischen Arzt in reichstem Masse, sofern er nicht in den Übeln der Mechanisierung unserer Tage untergegangen ist.

In jüngerer Zeit sind immer wieder unliebsame Vermittler zwischen dem Arzt und seinen Patienten aufgetreten, die den dauernden Kontakt mit den Kranken unterbrechen und der freien Arztwahl Schwierigkeiten in den Weg stellen. Der praktische Arzt ist nicht nur Heilkünstler, er muss es auch verstehen sich seine Kundschaft zu erziehen, während unsere Zeit mit ihrem System der Vertrauensärzte eine Erziehung und Kontrolle der Ärzte versucht, und dazu noch mit Hilfe dem ärztlichen Stande häufig fremder und erniedrigender Mittel. Die wissenschaftlichen Lehrer der Medizin, die Organisatoren der ärztlichen Hilfeleistung sowie die diese überwachenden Instanzen und endlich der praktische Arzt selbst sollten aufs sorgsamste darüber wachen, dass die wissenschaftliche Medizin und die praktische Heilkunde nicht an den uns durch die Gesetze der Biologie gewiesenen Aufgaben und den im Laufe der Jahrtausende entstandenen Sitten und Idealen vorbeistürmen. Wir

wagen zu hoffen, dass auch die aus den unerbittlichen Forderungen des praktischen Lebens heraus entstandenen Ärztekammern ihren Teil zur Beseitigung aller hinsichtlich der ärztlichen Berufstätigkeit schon vorliegenden oder vielleicht noch hinzukommenden Übelstände beitragen werden.

Die moderne Medizin trägt unleugbar nationale Züge, deren Erfassung und Erkennen keinesfalls unterschätzt werden sollte; sie trägt aber andererseits auch internationale Züge, denn wir wissen, dass die Lösung zahlreicher medizinischer Probleme und die Erforschung mannigfacher Krankheiten nur auf breiter internationaler Basis möglich ist. Eine erfolgreiche Verfolgung dieses Zweckes würde freilich durch ein häufigeres in Berührung Kommen mit den Zuständen in fremden Ländern und mit deren Ärzteschaft eine wesentliche Förderung erfahren. Wäre es da nicht das Nächstliegende und Notwendigste, in erster Linie einen engeren Kontakt mit den Ärzteschaften der nächsten Nachbarländer herzustellen, was sich doch wohl bei einigem guten Willen ohne grosse Unkosten und wesentliche Kraftanstrengungen durchführen liesse?

ANEURISM OF THE INTERNAL CAROTID AND THE LIGATION OF THE CAROTIDS

BY

Prof. ULRICH KARELL, M. D.

TARTU 1936

In spite of the great total experience in the ligation of the larger vessels of the neck, the question whether the common or internal carotid artery should be ligated, if there is a choice, still remains a subject of controversy. The cerebral complications frequently following the ligation are the source of the controversy. According to Dorrance, at the moment of ligation, or immediately thereafter, the patient may experience a sense of fainting combined with nausea and vomiting, cold sweat, ringing in the ears, and darkening of the fields of vision. These symptoms may be of a few seconds' duration only or may be associated with homolateral headache, aphasia, partial or complete contralateral hemiplegia with anaesthesia and paraesthesia, and persist for days and weeks. The majority of these symptoms have a tendency toward improvement and usually disappear completely after a longer or shorter period of time. Too numerous are the patients, however, who develop permanent haemiplegia, with or without aphasia, blindness, and mental deterioration. Too frequent also are the cases where the above symptoms precede by a few minutes only a deepening and slowing of respiration, generalised convulsions, and death. If none of these signs or symptoms complicates the operation itself, the surgeon must still face an uncertain period of several days, extending to a week or ten days, during which the signs of severe cerebral disturbance may suddenly occur, with hemiplegia or with death closing the scene. The following six theories are given as an explanation of these cerebral complications:

- (1) Anaemia because of anomalies of the Willis' circle.
- (2) Thrombosis and embolism.
- (3) Vasoconstriction because of sympathetic irritation.
- (4) Circulatory stasis.
- (5) Intracerebral haemorrhage.
- (6) Cerebral injury independent of ligation.

As regards the first theory, we might mention that in the respective studies of Mitchell¹ and others the rarity of such anomalies in comparison with the occurrence of cerebral complications

¹ Mitchell, Journ. Nerv. Ment. Dis. 14: 44, 1889.

has been noted. Friedemann and Elkeles², Pfeiffer³, and others are of the opinion that the anomalies of the Willis' circle do not adversely affect the blood supply to the brain. Le Fourmenstreux⁴ believes such anomalies to be of little importance, as considerable variation is compatible with functional efficiency. Pfeiffer demonstrates, macroscopically and microscopically, a regulating mechanism of an extremely complicated but purposeful architecture within the brain. For equalizing pressures between two or more remotely situated capillary beds, there are vessels of greater calibre than capillaries, and these connecting vessels possess the ability to reverse currents. There are also anastomoses, in all parts of the brain, between arteries and between arteries and veins. Consequently, a reduction in the total volume of blood reaching the basal vessels would evenly affect every area of the brain. With the recognition of these facts it is difficult to ascribe all the reported complications, after ligation of the carotids, to an anaemia of the brain due to the anomalies of the Willis' circle only. As regards the second reason — thrombosis and embolism — we have but to remember the dictum of Aschoff⁵, that "thrombosis is the function of a number of variables". They are: (1) slowing of the blood-current, (2) changes in the vessel wall, (3) changes in the blood plasma, and (4) changes in the blood elements. It is agreed that not all of these factors are operative in each and every case of thrombosis and that none of these factors is in itself sufficient to produce thrombosis. Malyschew⁶ and others have demonstrated that blood in the doubly ligated vessel remains fluid over a period of days. Also we must accept the fact that slowing and stagnation alone do not produce thrombosis. According to Aschoff, the media of arteries is rich in thromboplastic substances, and necrosis of a vessel may be an aseptic process and still produce thrombosis. Torraco⁷ and Barcaroli⁸ found thrombi constantly present

² Friedemann & Elkeles, *Klin. Wchnschr.* 10: 2249, 1931.

³ Pfeiffer, *Journ. f. Psychol. u. Neurol.* 42: 1, 1931.

⁴ Le Fourmenstreux, *Bull. et Mém. Soc. Nat. Chir.* 57: 1580, 1931.

⁵ Aschoff, L., *Thrombosis*, *Arch. of Int. Med.* 12: 503, 1913.

⁶ Malyschew, *Virchow's Arch.* 283: 213, 1932.

⁷ Torraco, *Arch. Ital. di Chir.* 23: 693, 1929.

⁸ Barcaroli, *Il Policlinico* 38: 653, 1931.

when they used coarse or redoubled ligatures. A higher incidence of thrombosis was noted also when the clamping of an artery preceded its ligation. We think that both the last factors listed by Aschoff as causes of thrombosis may be neglected in the ligation of the great vessels of the neck. There is no more reason to anticipate thrombosis after ligation of the carotid arteries than after a ligation elsewhere.

As to vasoconstriction due to sympathetic irritation in the production of the sequelae of the carotid ligations, it is necessary to refresh our memory about the physiology of the sympathetic nerve. Stimulation of the sympathetic cord in the neck produces dilatation of the pupils, protrusion of the eyes, paleness of the face and neck, dryness of the mouth, and acceleration of the heart. Stimulation of the superior ganglion, or the carotid nerve, produces constriction of the cerebral branches of the homolateral internal carotid, and an increase in blood pressure. These symptoms are not identical with those occurring after the ligation of the great vessels of the neck which are described as shock, faintness, low blood-pressure, slowing of pulse, nausea, and cold sweat. This is a picture of the over-activity of the vagus more than that of the sympathetic nerve. The studies of Gollwitzer and Schulte⁹ upon the changes the retinal vessels undergo under conditions similar to the ligation of the internal carotid show that as the systemic blood-pressure begins to fall there occurs a constriction of the retinal vessels, but when the blood-pressure continues to fall rapidly, the constriction of the retinal vessels passes and a relaxation and dilatation takes place. Taking into consideration that the ophthalmic artery is a part of the cerebral system of arteries, we may assume that its reactions are identical with those of the anterior and middle cerebral. The authors ascribe these effects of the decreasing of the blood-pressure and the slowing of the pulse to the pressure of the so-called carotid sinus. Thomas Lewis¹⁰ showed that the slowing of the heart rate evidently takes place through the vagus, as, after paralysis of the vagus terminals by atropine, no slowing of the heart occurs, but the blood-pressure remains lowered. The lowering of blood-pressure is accomplished by active vasomotor dilatation involving chiefly the splanchnic

⁹ Gollwitzer und Schulte, *Archiv f. Path. u. Pharmak.* 165: 685, 1932.

¹⁰ Lewis, *Brit. Med. Journ.* 1: 873, 1932.

and cerebral areas. The vasodilatation is associated with an inhibition of adrenalin secretion.

The cerebral sequelae after carotid ligations, therefore, cannot be explained by simple sympathetic irritation. The clinical picture is that of the stimulation of the carotid sinus. Mandelstamm & Lifschitz¹¹ showed that a very marked degree of the lowering of the blood-pressure may be obtained by pressure upon the region of the bifurcation, especially in older patients. They demonstrate also that in the same way the heart can be brought to stop. The investigations of Wright and Kremer, Danielpolu, Hering, and many others¹² show that in the carotid sinus we have a perfectly normal structure whose activity is so far-reaching that it must be considered in any procedure upon the neck, especially in clamping and ligation of the carotids.

The last theories interpreting the cerebral disturbances as intracerebral haemorrhage and cerebral injury, independent of ligation, may be admitted without objection, inasmuch as cerebral injuries themselves, *e. g.*, meningitis, sepsis, *etc.*, cannot be ignored.

Turning back to the first assumed cause of the cerebral sequelae after the ligation of the carotids — the anomalies of the Willis' circle — which is rather a feeble explanation, we must state that, in spite of its weakness, we owe to this idea many interesting observations. So, in order to avoid this probability, Dorrance¹³ and about twenty others¹⁴⁻²⁴ after him found that the ligation of the common carotid immediately causes a retrograde flow in the

¹¹ Mandelstamm und Lifschitz, Wien. Arch. f. Inn. Med. 22: 397, 1932.

¹² Quoted after Dorrance, Ann. Surg. 1934.

¹³ Dorrance, G. M., Am. Journ. Ophth. 13: 8, 1930; Ann. Surg. 1934.

¹⁴ Caudry, G., Presse méd. 28: 886, 1920.

¹⁵ Freeman, L., Ann. Surg. 74: 316, 1921.

¹⁶ Katz, Handb. d. spez. Chir. d. Ohres u. d. ober. Luftw., 1913.

¹⁷ Keegan, J. J., Surg. Gyn. Obst. 57: 368, 1933.

¹⁸ Krampf, F., Deutsche Zeitschr. f. Chir. 199: 152, 1926.

¹⁹ Lenormant, Presse méd. 36: 648, 1928.

²⁰ Le Fourmenstreux, Bull. et Mém. Soc. Nat. Chir. 57: 1580, 1931.

²¹ Matas, R., Ann. Surg. 17: 403, 1920.

²² Perthes, Arch. kl. Chir. 114: 403, 1920.

²³ Romanis and Mitchiner, Science and Practice of Surgery, 1933.

²⁴ Stierlin und v. Meyenburg, Dtsch. Zschr. f. Chir. 152: 1, 1920, and

others.

external carotid and its multiple branches. This most important and fascinating phenomenon we had the lucky chance to prove



Fig. 1.

in operating upon our last case, which, besides its extreme rarity, deserves to be reported as offering many other interesting observations. But let the lady speak for herself.

CASE REPORT.

Patient L. S., female, aged forty-three, housewife in a farm, was admitted to the First Surgical Clinic in Tartu, January 29, 1935, with a tumour of the left side of the neck about four years old. Until two or three months ago the growth did not cause any trouble. Since then the patient has from time to time had headache, pains in the throat, in the left ear, and sometimes in the left arm. During the last two weeks troublesome pains in swallowing and hoarseness.

She had had abdominal typhus fifteen years ago; for about a year, some skin-disease with reddish spots all over the body which disappeared by themselves in a short time. Married, five births, one child dead from abdominal typhus at the age of 2½.

Examination. Well-developed woman in good nutritional condition; the skin and the visible mucous membranes clean; a slight oedema in the malleolar and dorsal foot regions both sides.

On inspection there was a visible pulsating tumour of the size of an orange in the left carotid fossa. The upper part of the tumour reached the submaxillary region and the retromandibular fossa. The lower margin was on the level of the laryngeal region, and from its lateral surface one could see through the skin the outlines of the sternocleidomastoid muscle pushed aside. On turning the head to the left, one distinguished just at the inner margin of the sternocleidomastoid muscle the pulsation of the common carotid artery. On palpation, one felt exactly the expansile pulsation of the formation: when two fingers were placed upon the tumour, they were seen to be separated from each other with each pulsation. It was rounded in shape with a smooth and tense surface on account of which it was difficult to prove its fluctuation. One could freely catch the lower third of the somewhat lifted sternocleid muscle between the finger tips. One also distinctly felt thereby the pulsation of the common carotid artery with all three fingers. The carotid felt perfectly resilient and was also lifted from its normal site, and lost its way in the lateral lower part of the swelling. It was also impossible to find out the bifurcation. The trunk of the common carotid was easily compressible between the fingers. On compression, the tumour became less tense and smaller and its pulsation could be diminished and arrested; but when the compression of the vessels ceased,

the tumour rapidly regained its former size and tension, in from three to four bounds, synchronous with three or four heart



Fig. 2.

beats. The swelling could be reduced in size by gentle pressure, and if this was done while the trunk was compressed proximally, it could be nearly squeezed out. (Fig. 2.) But one could not do it completely because by pressing upon the swelling till it disappeared

the trunk would slip out of the fingers too. If one succeeded in keeping the compression of the common carotid and, after having squeezed the swelling, released the pressure upon the latter, it would increase in size again in spite of the compression of the trunk. However the aneurism did not now fill so promptly in bounds and not to such a degree of tension and size as at cessation of the compression of the trunk, but it filled quietly without pulsation to a more moderate size and remained so. Now there was a definite fluctuation too. The whole tumour could be moved across the neck to a slight degree, but not longitudinally. There was no thrill on palpation, unless the trunk was lightly compressed. In this case there was heard also a loud and hoarse systolic murmur. On examination it was noted that there was no pulsation upon the left superficial temporal artery in contrast with the right one. The pulse of the left external maxillary artery was smaller than that of the right one. The radial pulses were equal and synchronous. The blood-pressure of the left arm was 150/80 and that of the right one 135/70. The pulse was 68 in the left forearm irrespectively of whether or not compression was applied to the common carotid artery. Two Wassermann reactions were negative both with blood and spinal fluid. Also after the reaction was provoked. Erythrocyte sedimentation reaction (Westergren) 5 mm an hour. The right palpebral fissure was noted to be larger than the left, the right pupil somewhat larger and the right eyebrow higher than the left. There was a certain amount of cardiac enlargement, but no marked cyanosis was noted anywhere. No other cardiac abnormality or pulmonary lesion was found. Because of the slowly but steadily increasing size of the tumor mass, operation was decided upon. Accordingly, on February 2, 1935, she was operated upon by the author assisted by Doctors Saks and Kõre. She was given local anaesthesia — $\frac{1}{2}$ per cent novocaine with adrenalin hypodermically. The pre-operative diagnosis was sacculated aneurism of the external (or internal?) carotid artery.

OPERATION. — An incision was made, starting at the thyroid cartilage, extending outward to the most prominent point of the tumor and from there back and upward to the occipital region. The skin and subcutaneous fascia were reflected laterally, and in order to provide adequate exposure, the following muscles

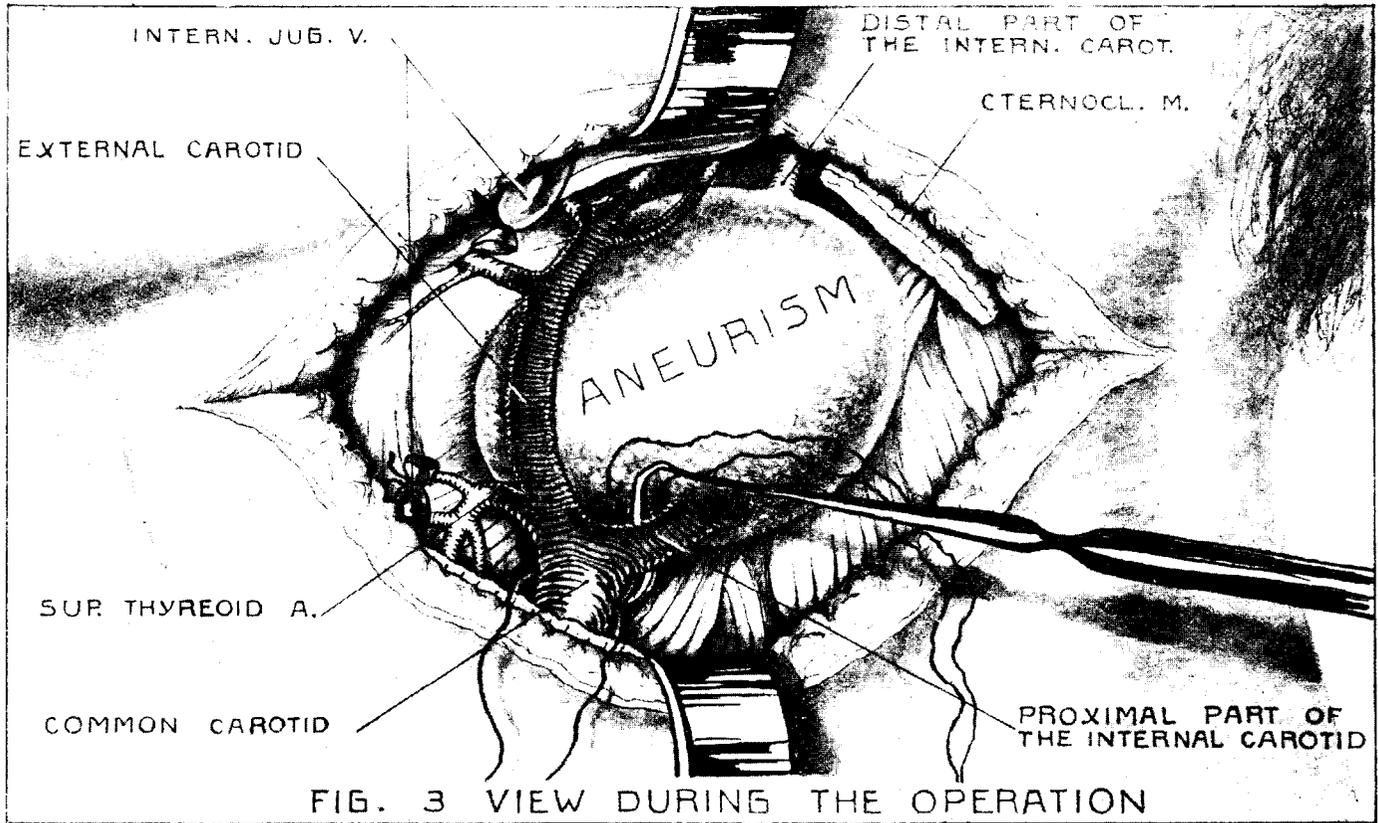


Fig. 3.

with their respective fascial planes were divided — the platysma, the anterior belly of the omohyoid, and the sternocleidomastoid. The external and internal jugular veins were ligated and divided. The lateral surface of the sack of the aneurism was freed from the surrounding tissue. The common carotid artery, the bifurcation, and both the internal and external carotids were searched for, and an attempt was made to visualize their course. The bifurcation was discovered and the trunk freed from its sheath, and a strip of tape was placed under the same for emergency control of haemorrhage. The capsule of the sack resembled the wall of an artery and was thick and elastic, so the separation of both the carotids from it succeeded without much trouble. It was noted that the external carotid artery with its branches had apparently been flattened out by the pressure of the aneurism. The internal carotid was freed as far as its opening into the aneurismal sack, to the length of about 1 inch. Another strip of tape was placed under it. (Fig. 3.) In order to complete the exposure of the sack, a soft rubber-covered clamp was put on the common carotid and gently compressed. Now, as before the operation, the patient could bear without any discomfort the compression of the common carotid. So the pulsation of the sack stopped and, as its size had diminished under pressure, it was easy to free its inner wall also, which succeeded without marked bleeding. The distal part of the internal carotid was followed upwards as far as possible, and it could be separated for a length of about 1,5 cm. It was noted that the proximal part of the internal carotid artery was almost twice as large in diameter as the distal part. Now it was possible to catch the total aneurism in the fist and to squeeze it out. Left alone, it became full again in about 10 to 15 sec., the common carotid always being compressed by the clamp. (Fig. 5, Comb. I.) Another clamp was placed upon the proximal part of the internal carotid and, after compressing this too, the sack was squeezed out again. Left alone, it filled itself again in about 50 to 60 sec. (Comb. II.) In that way we could prove the retrograde flow of the blood through the distal part of the internal carotid. This was important in order to determine our further procedure. Now we squeezed the sack out once more and placed a third clamp on the distal part of the internal carotid. (Comb. III.) The sack remained empty and folded. Now the proximal part of the external carotid above the

origin of the superior thyroid artery was compressed for about a minute too. The patient could bear it well. (Comb. IV.) Assured that there were no other sources now to fill the sack any more, because it remained empty for some minutes, we removed the clamp from the proximal part of the internal carotid, and the aneurism became full again in about 12 to 16 seconds. (Comb. V.) During the operation the patient was asked repeatedly about symptoms of the insufficiency of the brain supply of blood, and she always gave negative answers. In view of the large size of the aneurism — about the size of an orange — it seemed quite impossible to unite the cut off ends of the artery after removal of the aneurism, so we determined not to try it. Double ligatures were placed on both the proximal and distal part of the internal carotid and both were divided. On removing the clamp from the common carotid, immediate and lively pulsation upon the whole course of the external carotid and its branches was noted. All the divided muscles and fascias were sutured with catgut and the skin tightly closed with silk. Just after the operation the temporal pulse came back again. And the pulse of the external maxillar was equal on both sides. There was no trouble in the course of recovery. Only the night after the operation the patient complained of headache and pain in the wound, which disappeared after an injection of caffein and morphine. On the third day *post operationem* light pharyngitis (prof. Saareste), which subsided the next day. After the beginning of the fifth postoperative day no complaints at all. Blood-pressure on the right arm 130/80 and 135/80 left. On February 13, on the eleventh postoperative day, the patient went home cured.

It can be seen from the last photograph, that the eyebrows are quite symmetrical and the blepharoptosis of the left eyelid has vanished too. (Fig. 6.)

As to the aetiology of the aneurism, it is stated in all papers on this subject that the causes of this condition are two in number: first, changes in the vessel walls, which result in their becoming weakend and less elastic, and, secondly, a rise in the blood pressure. Arteriosclerosis due to syphilis or gout is supposed to be the great predisposing cause. These conditions usually will give rise to aneurisms in men of middle age, whose heart function is strong and blood pressure high. Also a life of heavy phys-

ical strain, especially if intermittent, is another predisposing cause, but there appears to be no evidence that steady muscular effort and regular exercises are responsible. It is rather the repeated and sudden raising of the blood pressure that does the damage. This condition is seven times more common in men than in women and occurs most frequently in sailors, navvies, and dock labourers, and usually between the ages of thirty and fifty. But the greatest influence is ascribed to syphilitic *endarteritis obliterans*. It is found to be present in over 75 per cent. of the cases. Romanis and Mitchiner²³ state that "it is most unusual to find an aneurism in a woman unless she is syphilitic". In our case, which seems to be an exception to prove the rule, the Wassermann reaction was negative even after provocation both in blood and in spinal fluid. In addition to this, we found at the operation no signs of an arteriosclerosis or endarteritis at all. On the contrary, the carotids were found to be youthfully resilient. Thus, in this case we must have another predisposing cause for the development of the aneurism. In the previous history of the patient it is stated that she had had abdominal typhus 15 years ago. That typhus can cause changes in the walls of the vessels was noted by Strümpell²⁵, who ascribes the frequently occurring oedema of the feet and legs in typhus to that account. That changes in the vessel walls occur in typhus is evident from the report of Röper²⁶, who describes a bullose haemorrhagic dermatose in a definitely diagnosed case of abdominal typhus. But degenerative changes occur in typhus also in the great and middle-sized arteries. Thus, Gastewa²⁷ records that he found in autopsy on two cases of abdominal typhus, in the walls of the great and middle-sized arteries, primary hearth-shaped (*herdförmige*) degenerative changes of the elastic fibre, degenerations of the cellular and connective tissues, and necrosis of the intima. Thrombosis, fissures and ruptures of the wall may arise from that. Taking into consideration that people on farms often begin strenuous work too early after typhus, we think that in our case the repeated raising of the blood pressure by hard work most probably caused

²⁵ Strümpell, *Spez. Path. u. Ther.*, 1922.

²⁶ Röper, *München. Med. Wchnschr.* 48: 2030, 1931.

²⁷ Gastewa, *Virchows Arch.* 289, 1933.

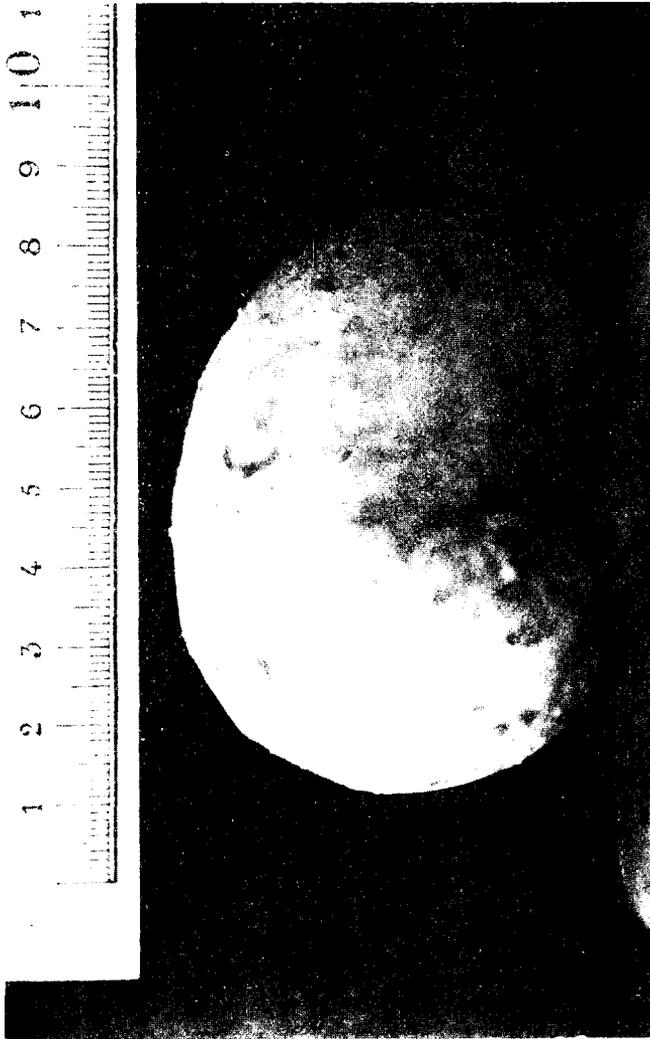


Fig. 4.

in the weakened wall of the internal carotid the aneurismatic dilatation.

Turning to the symptomatology of our case, it is to be noted that, in spite of the characteristic classical symptoms of aneurism in general, such as the expansile pulse, shape, localization, *etc.*, it was impossible to make the exact diagnosis of the internal ca-

rotid aneurism. The smaller pulse upon the external maxillar and the absence of the superficial temporal pulse as well as the absence of visible or perceptible pulsation in the left tonsillar region seemed rather to speak for aneurism of the external carotid. We confess, we did not at all appreciate at first the lowering of the left eyebrow and the left blepharoptosis as a symptom, because we did not remember it mentioned in any text books, and were surprised to see it vanish after the operation. (*Vide*: both the photographs taken before and the one taken after the operation.) In the case report of Lee, Mitchell, and Peacock²⁸, upon a case of a traumatic aneurism of the left subclavian artery we read: "...The right palpebral fissure was noted to be larger than the left and the right pupil twice as large as the left". This symptom as a part of Horner's syndrome is probably caused by the pressure of the aneurismal tumour on the cervical sympathetic trunk.

From the description of our operation one can conclude that we had not only the chance to re-prove the phenomenon of the retrograde flow from the external carotid into the internal after the occlusion of the common carotid (Fig. 5, Comb. I), but could also demonstrate the retrograde flow from the internal carotid, which phenomenon, so far as we know, has never been observed before. Even the contrary has been maintained. So, Lenormant²⁹ comments upon an operation in which he assisted Petit-Dutaillis to resect an aneurism of the bifurcation with an immediate end-to-end anastomosis of the stump of the external carotid with that of the internal carotid. He remarks that in the course of the operation the clamp slipped off the internal carotid and he was surprised to see practically no bleeding, indicating a very small pressure down the internal carotid. From this contradiction we have to come to the conclusion that the vascularisation of the brain varies greatly in individuals. The same fact teaches us also another thing: that, although the ligation of the internal carotid should be regarded as the most dangerous of all the ligations upon the great vessels of the neck and should be avoided if possible, in those cases where there is no other choice we can at least calculate the prognosis approximately. In cases similar to ours there is the possibility of choosing one of three

²⁸ Lee, Mitchell, and Peacock, *Ann. Surg.* 100: 91, 1934.

²⁹ Lenormant, *Presse méd.* 36: 648, 1928.

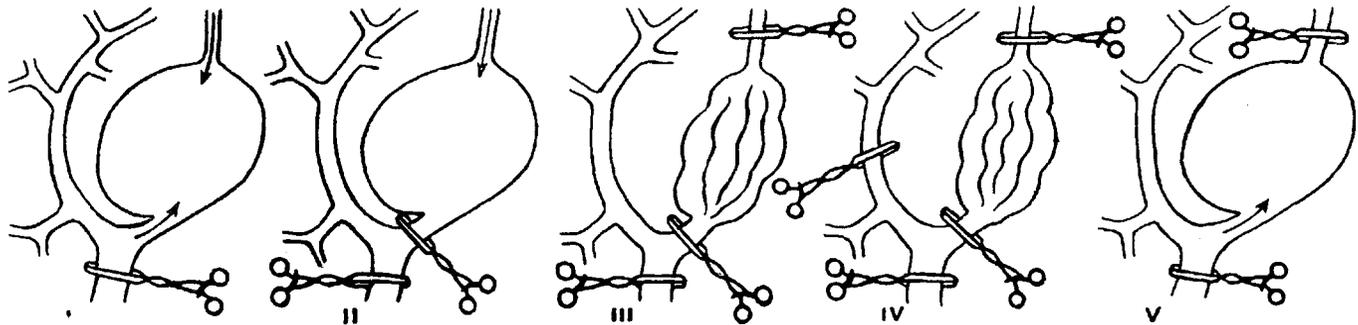


FIG. 5 SCHEME OF THE VARIOUS COMBINATIONS OF CLAMPING

Fig. 5.

ways, to ligate, to try a suture, or anastomosis between the two ends. As indicated above, anastomosis proved impossible because of the too great distance between the two ends of the internal carotid displaced by the mass of the aneurism. This impossibility, one might object, is not an indication that one should choose the most dangerous ligation of all: yet there remains a number of methods to be employed, *e. g.*, to use the sack of the aneurism itself for building a new channel between the two ends of the vessel by any commonly known method, or to try a plastic between the freely liberated ends of the external carotid. Heidrich³⁰ states that, even taking into consideration the risk of thrombosis, it is safer to suture than to ligate, because, as he thinks, although the thrombosis often occurs after the suturation of the vessels, occludes the vessel as well as the ligature, and makes the suture illusory, the suture, nevertheless, has one great advantage over the ligature, namely that of a slow, gradual interruption of the flow. In this way one gives the collaterals enough time to dilate themselves. According to Heidrich, the suture with subsequent thrombosis has one advantage more, *viz.* that of organisation and vascularisation, by which the re-establishment of the original circulation can take place. There is nothing to object to or add to the wise advice of our esteemed master except one thing, perhaps, that in exceptional cases exceptional measures but prove the rule in general. We are far from proposing ligation of the internal carotid as the method of choice, as we are fully aware of its dangers in general. If Heidrich nevertheless takes the thrombosis into account and estimates by the way the anastomoses and their dilatation, he does it certainly basing himself on the assumption of the existence of the anastomosing communications between both the systems of the internal and external carotids. That these anastomoses exist we are taught by the experiments of Elschnig³¹, who showed that when in the cadaver the ophthalmic artery was divided from the internal carotid, the latter tied, and a liquid, under low pressure of 60 mm of water, was injected into the external carotid or internal maxillary of the same side, such liquid could be seen to flow from

³⁰ Heidrich, Leopold, Bruns Beitr. 124: 638, 1921.

³¹ Elschnig, Mediz. Klinik, September 1911.

the cut end of the ophthalmic in a relatively short time, and that finally both orbits and both sides of the face were filled with the



Fig. 6.

injected fluid. He concluded that the ocular blood supply must be in part derived from the external carotid, the branches of which communicate freely on both sides. Dawbarn³² remarks

³² Dawbarn, *Treatm. of Malign. Growths*, Philad., Davis, 1908.

that "it is known to everyone that there are thousands — myriads — of nameless little vessels interlocking at the median line by which the freest anastomoses are quickly restored. Even after bilateral ligation of the external carotids, the resulting anaemia is of short duration only and after complete excision of the superficial carotids on both sides with each of the eight branches on both sides separately controlled, there remained twenty-nine distinct routes by which blood could still enter the area from outside systems". Leaving open the question whether these myriads of little vessels can at once replace one single ligated internal carotid, the diameter of which is certainly many hundred times smaller than that of their total diameters, or whether they want a certain period of time to become dilated, they cannot help, if in the brain itself there is not enough of the anastomoses to distribute the blood evenly over all parts: from Pfeiffer's experiments we know that those anastomoses exist. But in spite of all there are reports enough of cases finishing fatally after ligation. If we ignored them, we did so because we based ourselves on our own experiences prior to the operation, and mostly upon the experiments made during the operation itself. We had two reasons for acting in this way: first, we knew already prior to the operation that our patient could perfectly bear the occlusion of the common carotid; everybody cannot do so, but in view of the retrograde flow through the external this fact alone did not matter so much, and in general the ligation of the common carotid is regarded as most harmless. Yet, taking into consideration that one of its branches (we did not know exactly) should have been already partly obstructed by the aneurism mass, we stood before an alternative. In case the aneurism had its origin from the external carotid, it would have partly, at least, compressed the internal one, and the brain should have been accustomed to the reduction of supply through this vessel; also the retrograde flow, in this case, during the compression of the common trunk should have had its way through the aneurism itself too. Consequently, the flow could not be perfectly reliable. Also, we were sure to a certain degree that if the patient bore the compression of the common carotid well, there must already have been a dilatation of the "myriads of nameless anastomoses". On the other hand, if the aneurism sat upon the internal, it would have inhibited the

circulation through this vessel too and by its body have, in this case, partly compressed the external. This is again an argument for the existence of the dilated anastomoses through the angular ophthalmic and their collaterals. Thus, the ligation of the internal carotid could not inflict an important loss of the supply to the brain of our patient. — These were our calculations about the case prior to the operation. But the greatest value of all theoretical calculations consists in their being proved by practice. As seen from the case report, we could state during the operation, by various combinations of the clamps, not only that both carotids were partly obstructed — the external by the passive compression through the body of the great aneurism, and also the proximal part of the internal carotid overstretched and flattened upon the surface of the lower party of the aneurism — but also that the distal part of the internal carotid was almost twice as small in diameter as the proximal part. It was noted also that the proximal part was not larger than usual. But we got the greatest certitude by clamping in combination IV, *i. e.* by occluding not only the common trunk and both the proximal and distal parts of the internal carotid, but also the external one as far from the heart as possible. If the patient could in this way bear the loss not only of all the blood carried by the common trunk but also of that carried by the superior thyroid, without any bad sensation, it would have been positive evidence of the reliability of the dilated collaterals. In addition to that, the fact that there was a proved retrograde flow through the distal part of the internal carotid also clearly indicated that the cerebral anastomoses were perfect too.

One can say the best is more than good, and demand why we, nevertheless, did not try a re-establishment of the normal conditions by making a plastic end-to-end anastomosis between the external and the stump of the internal carotid.

First, because in view of the perfect elasticity of the vessels and the experimental data acquired during the operation, we got the assurance of achieving our object in the shortest and simplest way by ligation. Secondly, because the distal part of the internal carotid was too short, scarcely one and a half cm and deeply situated, and also too small in diameter to be sutured. Should we have used the sack for building a channel? Well, but in view

of its large size the strip cut out of the wall would have been too long without division and without resection of a part. In short, in this way we would have had a longitudinal suture plus a ring-formed one, which would have immediately been under considerable pressure because of the difference in calibre of both the stumps. The more sutures, the more possibilities there would have been for thrombosis and embolus of the brain too.

SUMMARY. — (1) Based on the bibliographical records, the probable causes of death occurring after the ligation of the carotids are discussed. The damage of the carotid sinus appears to play an important rôle in the occurrence of these sudden deaths.

(2) Report of a case of an aneurism of the internal carotid artery cured by removal of the aneurism and ligation of the internal carotid.

(3) Besides its rarity, the case seems to be the result of abdominal typhus which the patient had had fifteen years previously.

(4) By various combinations of the clamps during the operation the retrograde flow in the distal part of the internal carotid, which justified the ligation in this case, was proved.

METEOROLOGICAL ELEMENTS CHARACTERIZED BY FREQUENCY-CURVES

BY

K. KIRDE

TARTU 1936

In order to determine the climate of any district we must deduce from the meteorological observations the average, the deviations, the absolute and average max. and min. of the meteorological elements, and the average number of days characterizing the annual variation of air-temperature, precipitations, etc. We thus get a large number of different figures which require many diagrams for their representation.

In discussing the distribution of the meteorological elements of any district it is of great advantage to apply frequency-curves as a climatical characteristic. In the following paper the distribution of temperature in Tartu for every month is discussed by means of frequency-curves. As an example we give the frequency-curves for air-temperature in January and July for Thorshavn and Barnaul, these being representatives of typical marine and continental climates. The three daily observations of temperature have equally been taken into consideration. One degree C° is taken as a unit for the division of temperature observations into groups. For Thorshavn we have applied the observations for the years 1873—1925, for Barnaul — 1855—1911. In diagrams 1, 2, 3, 4, the distribution of temperature for the months of January and July for Thorshavn and Barnaul is represented by a broken line. The abscissa gives the temperature in whole degrees C°, the ordinate — its frequencies in percentage of the whole number of observations. The vertical lines represent the median and mode. Applying Pearson's method we get the equations for the frequency-curves. From the four equations given below, three belong to Pearson's system type I; one (July, Thorshavn) to type IV.

Barnaul, January:

$$y = 4.286 \left(1 + \frac{x}{48.98}\right)^{5.774} \left(1 - \frac{x}{15.63}\right)^{1.843} .$$

Barnaul, July:

$$y = 7.780 \left(1 + \frac{x}{14.37}\right)^{5.145} \left(1 - \frac{x}{34.44}\right)^{12.33} .$$

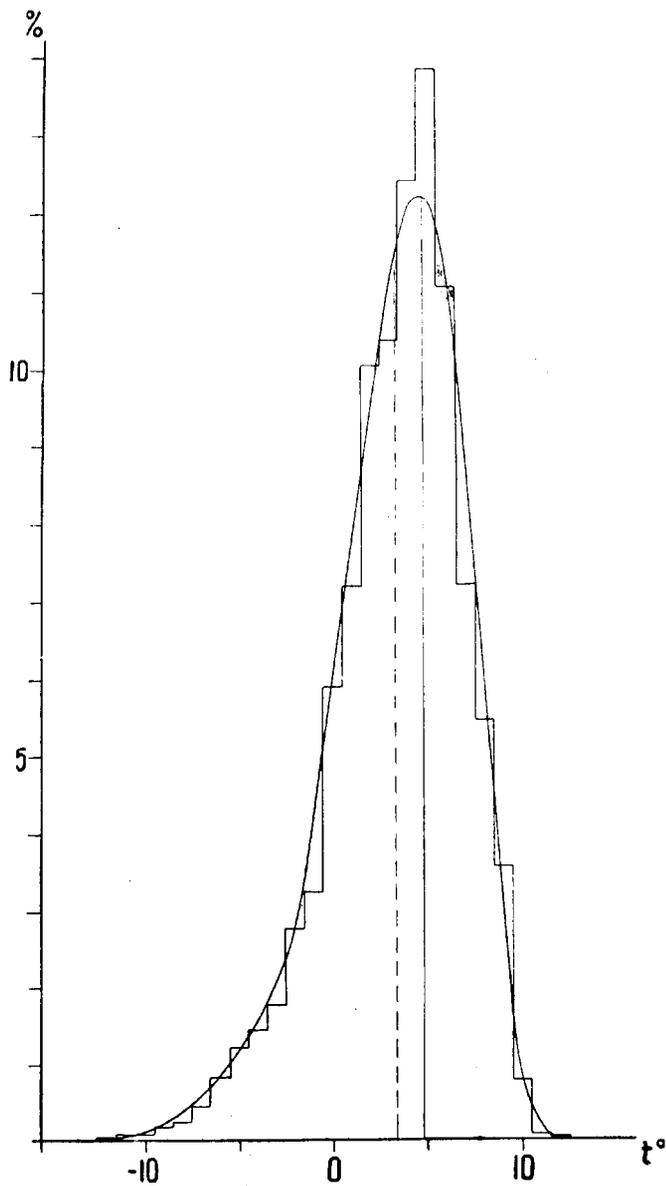


Fig. 1. Frequency-Curve for
Thorshavn, January.

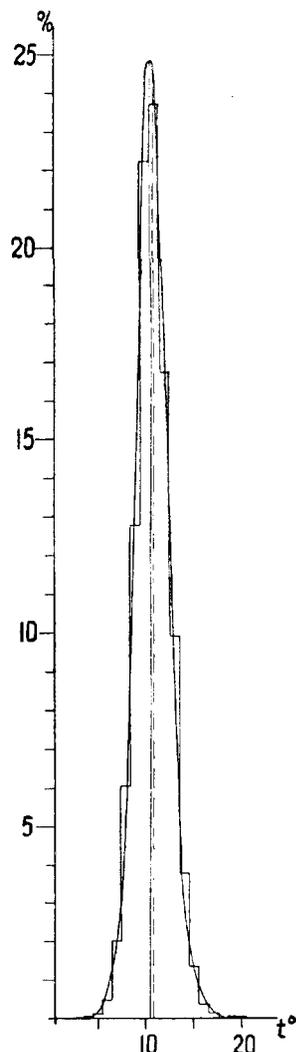


Fig. 2. Frequency-Curve for
Thorshavn, July.

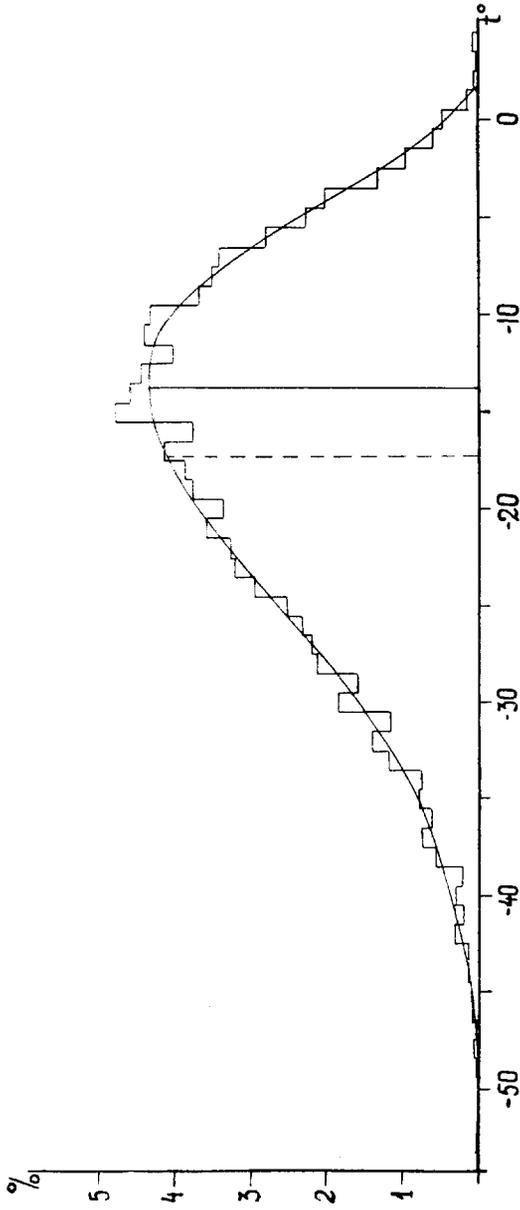


Fig. 3. Frequency-Curve for Barnaul, January.

Thorshavn, January:

$$y = 12.22 \left(1 + \frac{x}{88.33}\right)^{52.26} \left(1 - \frac{x}{6.74}\right)^{3.988}$$

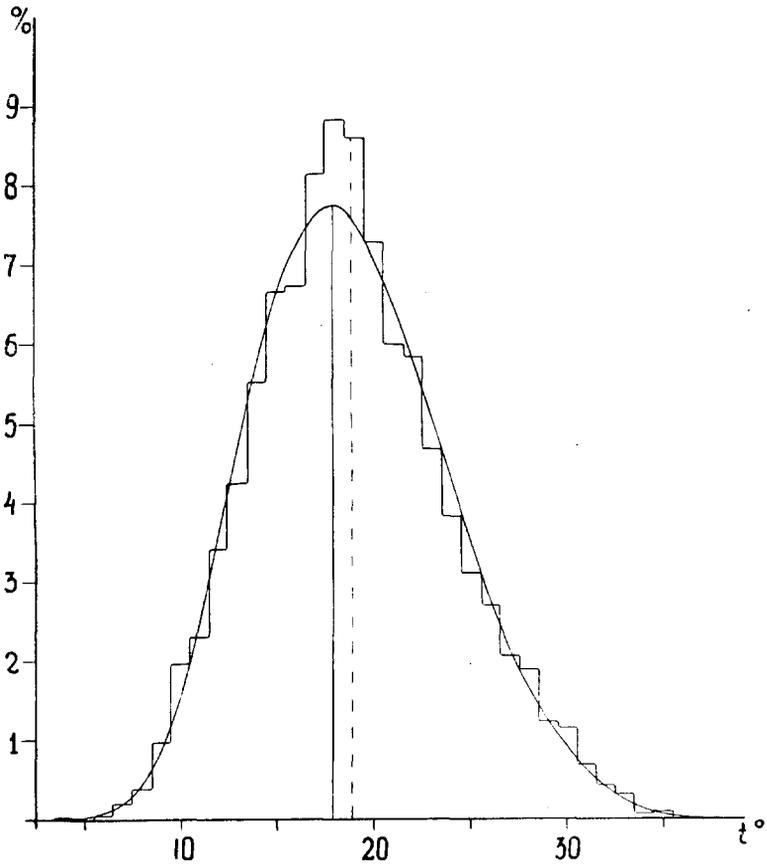


Fig. 4. Frequency-Curve for Barnaul, July.

Thorshavn, July:

$$y = 24.69 (\cos \Theta)^{9.215} e^{0.7244 \Theta},$$

where:

$$\Theta = \arctan \left(\frac{x}{4.351} \right).$$

In the diagrams 1—4, the frequency-curves drawn according to the above equations are given in full lines. Comparing the frequency-curves of Barnaul with those of Thorshavn, we see that the distribution of temperature for Barnaul has far broader limits, than that for Thorshavn. Further it must be noted

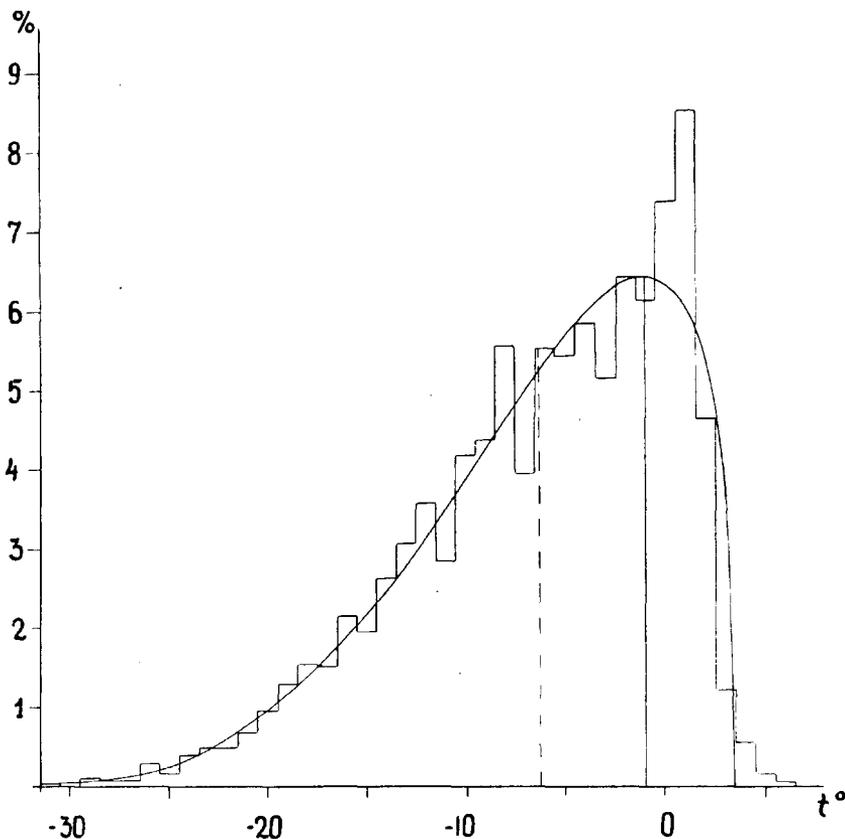


Fig. 5. Frequency-Curve for Tartu, January.

that the mode is characterized in Thorshavn by a much higher percentage than in Barnaul. The skewness of the curves for both stations is more strongly expressed in January than in July, with reverse signs in both months.

The following table shows the characterizing data of the frequency-curves, viz. Standard Deviation (σ), Skewness (S), and Excess (E), reckoned by means of moments.

Table 1.

	σ	$S = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$	$E = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3$
Barnaul I	9.05	-0.50	-0.13
„ VII	5.01	0.34	-0.11
Thorshavn I	3.45	-0.76	0.75
„ VII	1.75	0.19	1.49

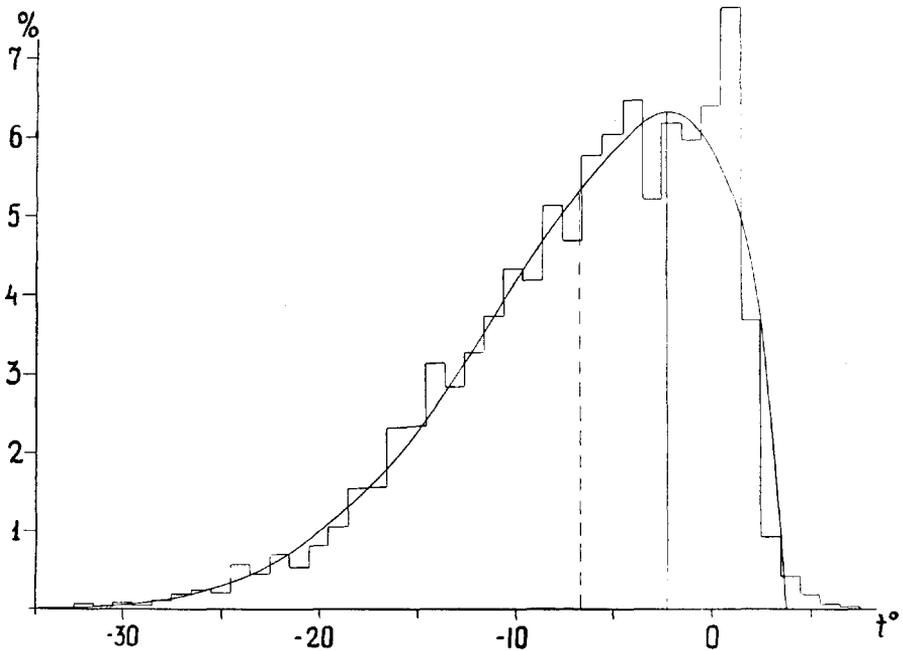


Fig. 6. Frequency-Curve for Tartu, February.

In the same way on the basis of the three daily observations (7^h , 13^h , 21^h) we have obtained the frequency-curves of air temperature for Tartu for the years 1870—1933. In the following diagrams (5—16) the abscissa also represents the temperature, the ordinate — its frequency in percentage of the whole number of observations for the corresponding month.

One degree C^o has been taken as unit for the division of temperature into groups. In the figures the dotted line denotes

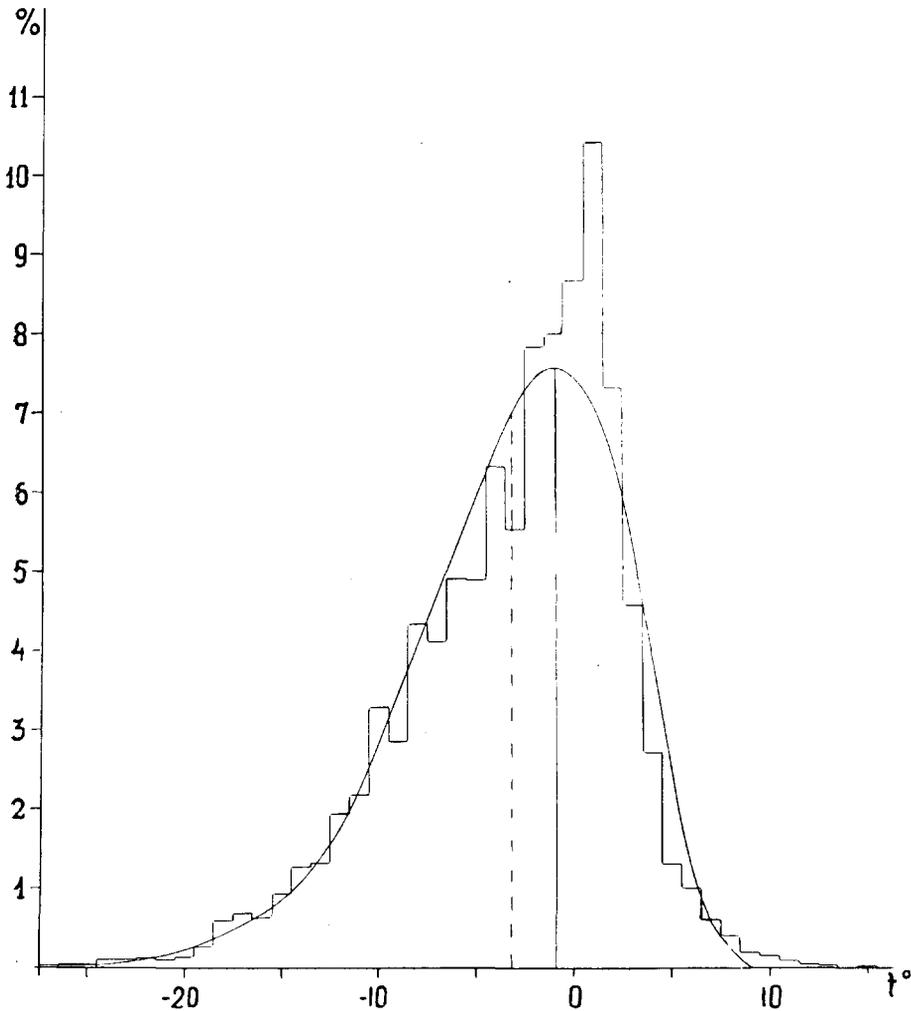


Fig. 7. Frequency-Curve for Tartu, March.

the observed frequency, the full lines — the frequency-curves drawn according to the following equations found by means of Pearson's method.

$$\text{January: } y = 6.443 \left(1 + \frac{x}{32.06}\right)^{2.801} \left(1 - \frac{x}{4.46}\right)^{0.390}.$$

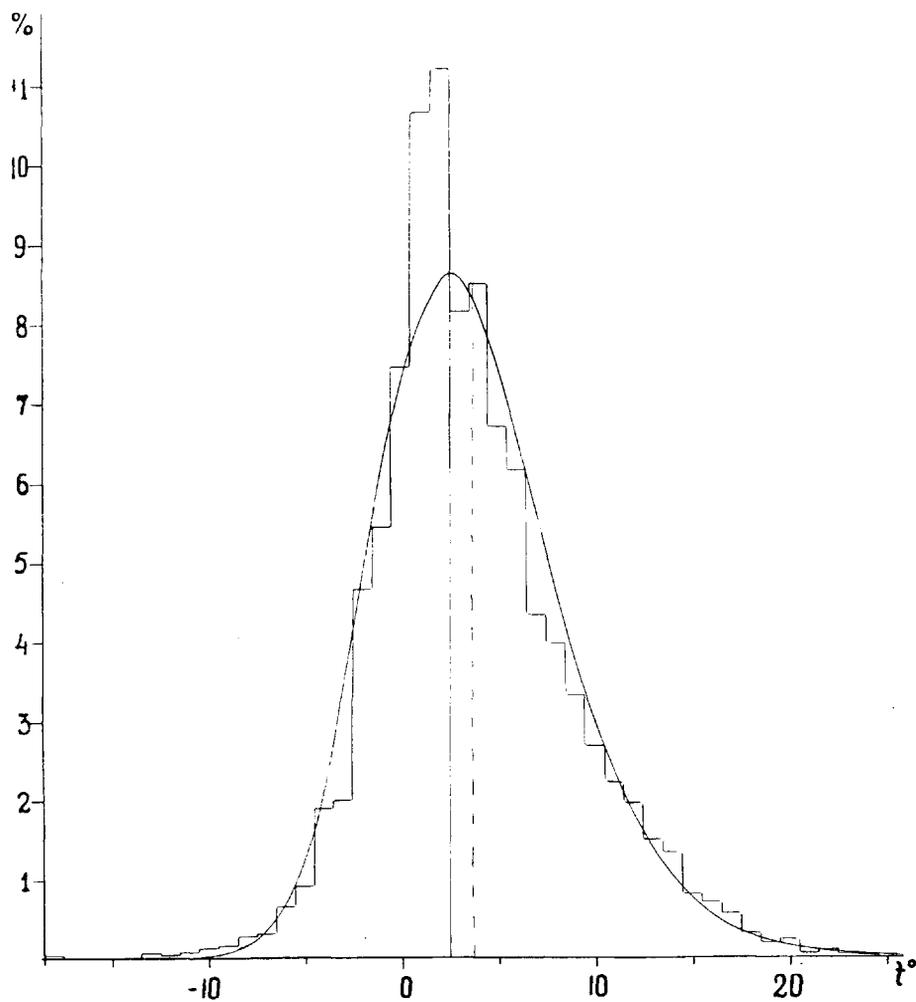


Fig. 8. Frequency-Curve for Tartu, April.

$$\text{February: } y = 6.346 \left(1 + \frac{x}{37.53}\right)^{4.441} \left(1 - \frac{x}{6.12}\right)^{0.724}$$

$$\text{March: } y = 7.544 \left(1 + \frac{x}{70.92}\right)^{21.75} \left(1 - \frac{x}{10.02}\right)^{3.074}$$

April $y = 0.000554 (\cos \theta)^{\frac{28.09}{e}} \frac{24.53}{e} \theta$

where: $\theta = \arctan \left(\frac{x}{17.98} \right)$

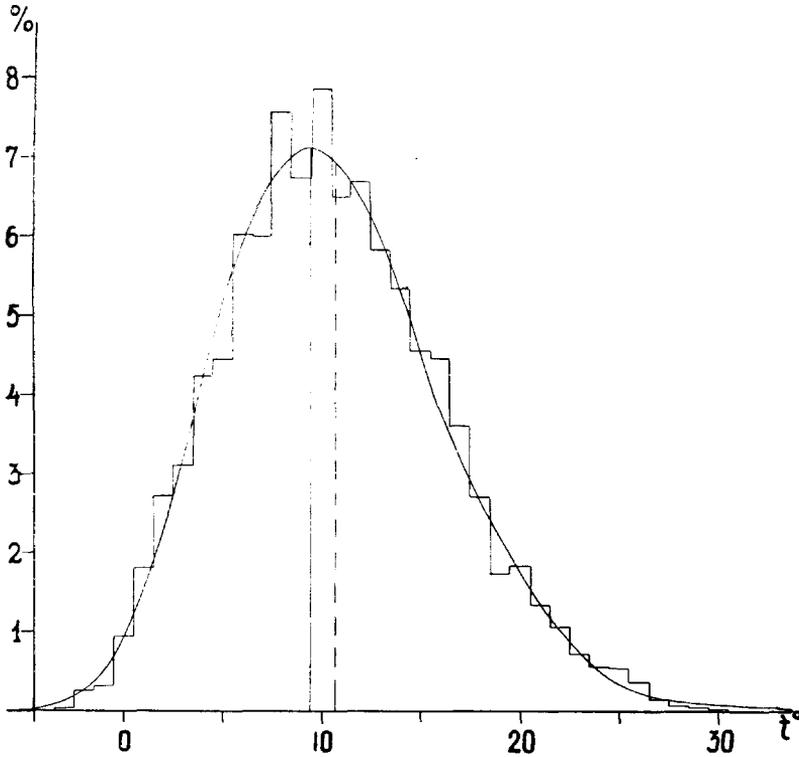


Fig. 9. Frequency-Curve for Tartu, May.

May: $y = 7.087 \left(1 + \frac{x}{14.68} \right)^{4.473} \left(1 - \frac{x}{36.68} \right)^{11.18}$

June: $y = 8.583 \left(1 + \frac{x}{17.53} \right)^{10.50} \left(1 - \frac{x}{55.44} \right)^{33.22}$

July: $y = 9.918 \left(1 + \frac{x}{9.26} \right)^{4.03} \left(1 - \frac{x}{37.26} \right)^{16.21}$

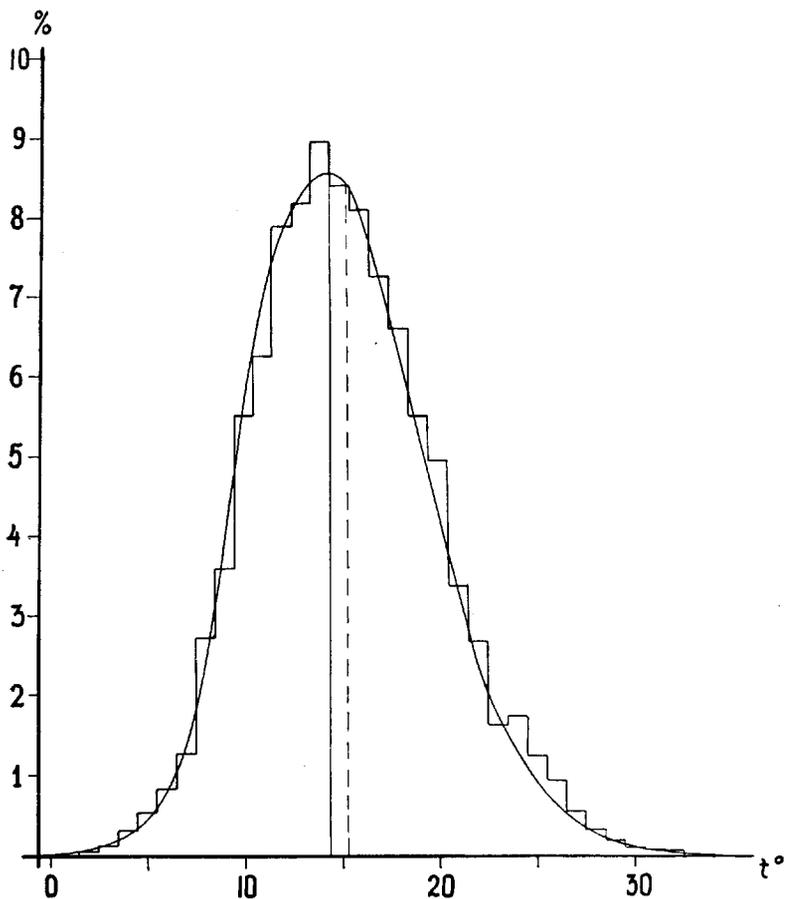


Fig. 10. Frequency-Curve for Tartu, June.

$$\text{August: } y = 10.34 \left(1 + \frac{x}{9.22}\right)^{4.985} \left(1 - \frac{x}{69.80}\right)^{37.74}$$

$$\text{September: } y = 3.133 (\cos \theta)^{\frac{46.01}{e}} \frac{10.22}{e} \theta$$

$$\text{where: } \theta = \arctan \left(\frac{x}{26.84}\right).$$

$$\text{October: } y = 8.646 \left(1 + \frac{x}{51.25}\right)^{51.36} \left(1 - \frac{x}{37.63}\right)^{37.71}$$

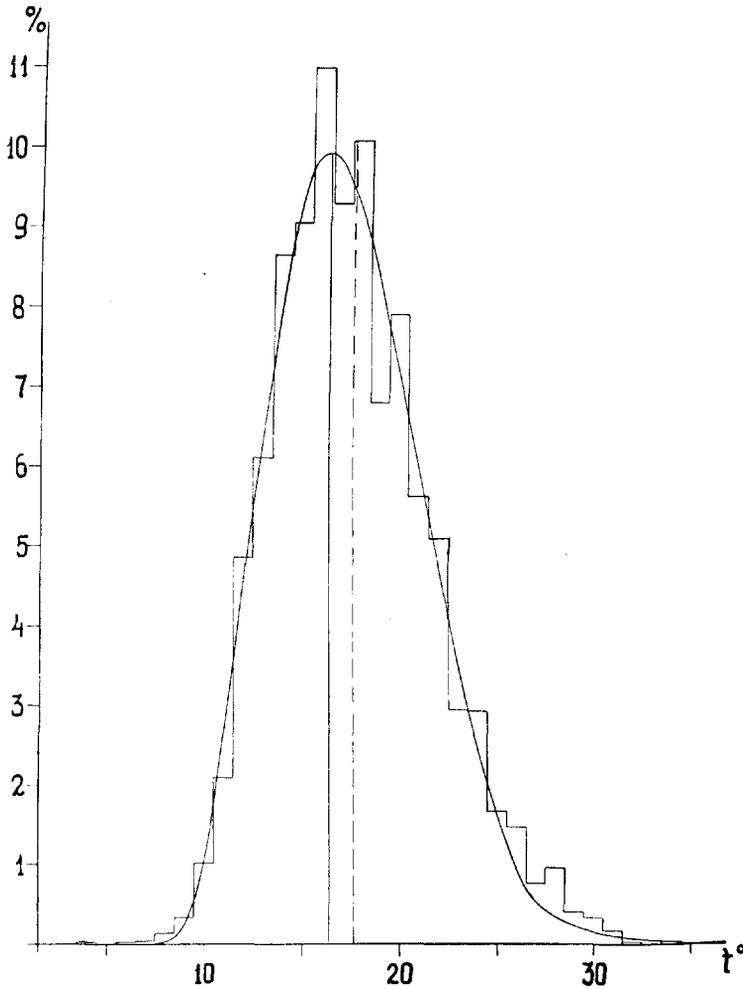


Fig. 11. Frequency-Curve for Tartu, July.

$$\text{November: } y = 8.530 \left(1 + \frac{x}{61.67}\right)^{25.34} \left(1 - \frac{x}{10.88}\right)^{4.471}$$

$$\text{December: } y = 7.279 \left(1 + \frac{x}{55.30}\right)^{8.968} \left(1 - \frac{x}{5.34}\right)^{0.866}$$

Table 2 gives the characteristic of the frequencies for each month viz. the Standard Deviation (σ), Skewness (S), and Excess (E).

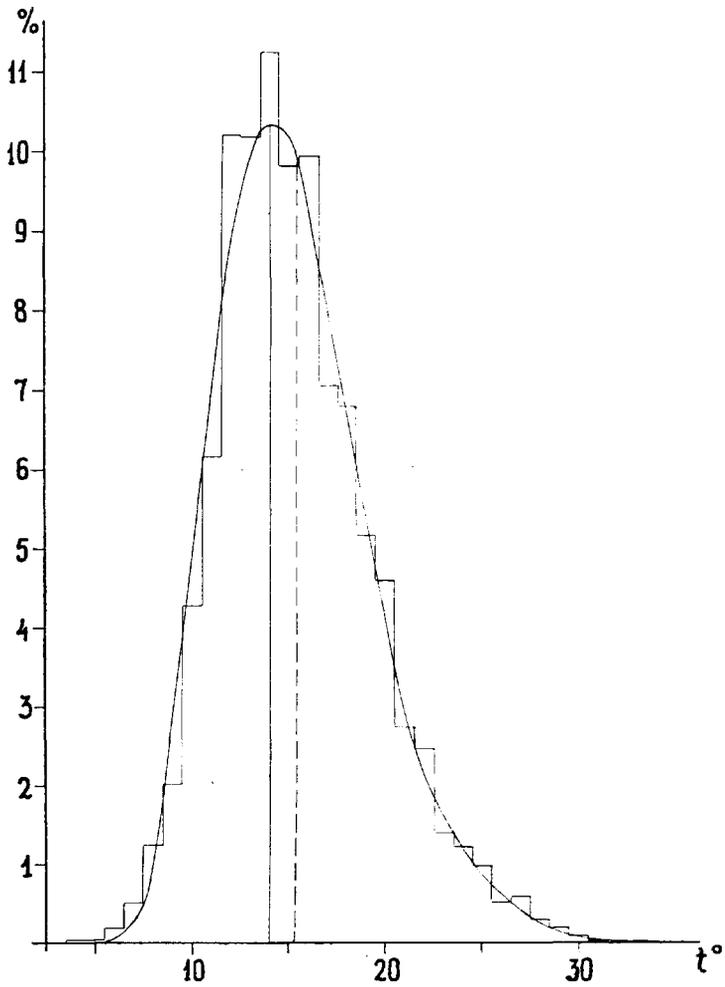


Fig. 12. Frequency-Curve for Tartu, August.

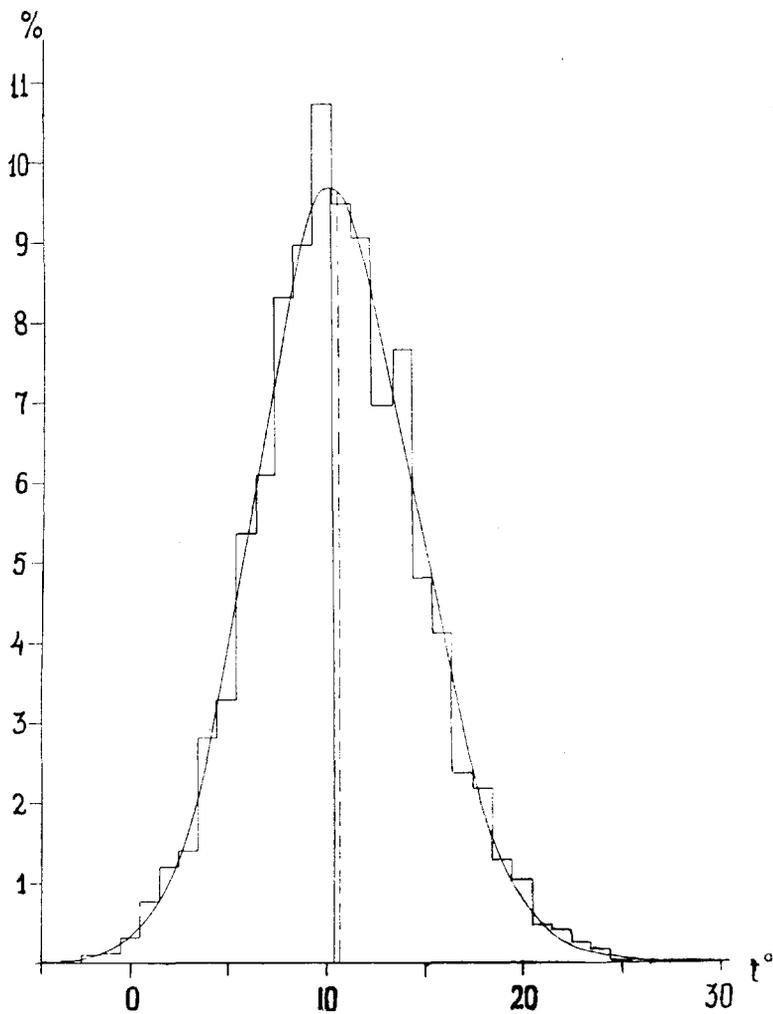


Fig. 13. Frequency-Curve for Tartu, September.

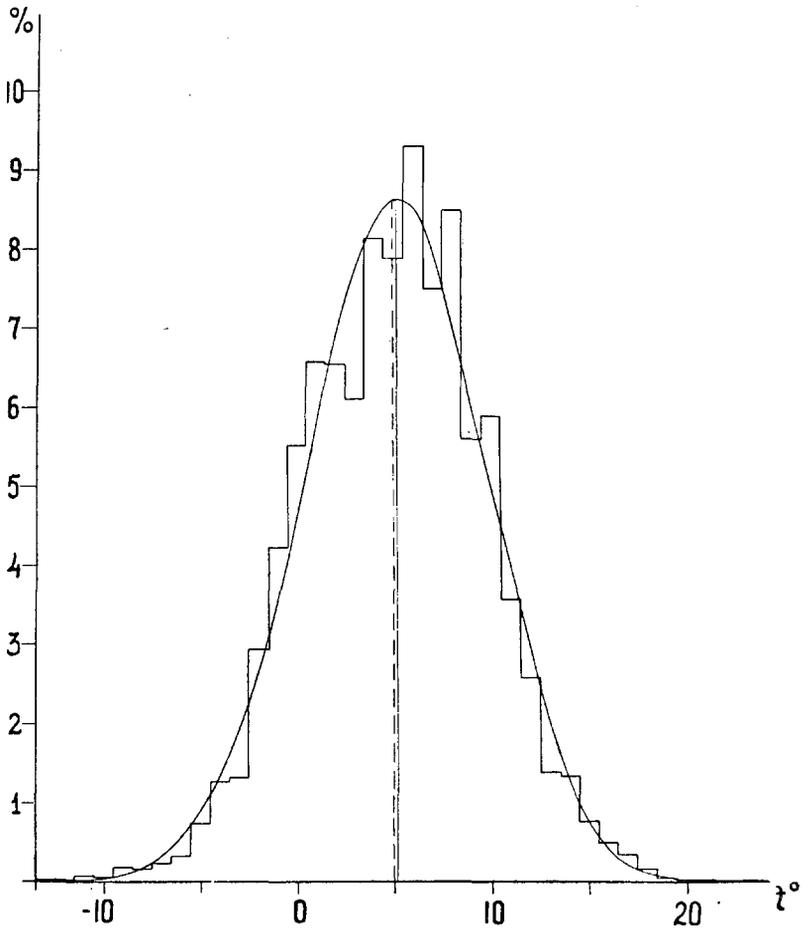


Fig. 14. Frequency-Curve for Tartu, October.

Table 2.

	σ	$S = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$	$E = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3$
I	6.50	-0.73	-0.04
II	6.52	-0.76	0.18
III	5.50	-0.72	0.57
IV	4.96	0.57	0.77
V	5.50	0.36	-0.11
VI	4.63	0.33	0.03
VII	4.04	0.52	0.15
VIII	3.98	0.62	0.44
IX	4.20	0.14	0.17
X	4.58	-0.06	-0.06
XI	4.78	-0.59	0.34
XII	6.21	-0.96	0.92

A closer discussion of the frequency-curves from month to month reveals the following changes. During the cold period of the year, from November till March, the range of low temperature has a greater extension than that of high temperature. During the warm season the distribution of temperature is enclosed within narrower limits than in the winter months, whereas the frequencies of high temperature are comparatively increased and the skewness is therefore inverse to that of the winter months. In September and October the curves are almost symmetrical.

Frequency-curves may also be successfully applied in discussing many problems connected with climatology. Thus we have used them in determining the changes that the climate of Tartu has undergone during the last 64 years (1870—1933). For this purpose the distribution of air temperature has been considered separately for two periods, of which the former includes the years 1870—1900, the latter — the years 1901—1933. As in the first part of this paper, the frequencies have also been expressed in percentage of the whole number of observations for each period. Both temperature-distributions are graphically represented for each month by broken lines. The full line denotes the frequency for the years 1870—1900, the dotted line — that for 1901—1933. The mean error of frequency for each group has been

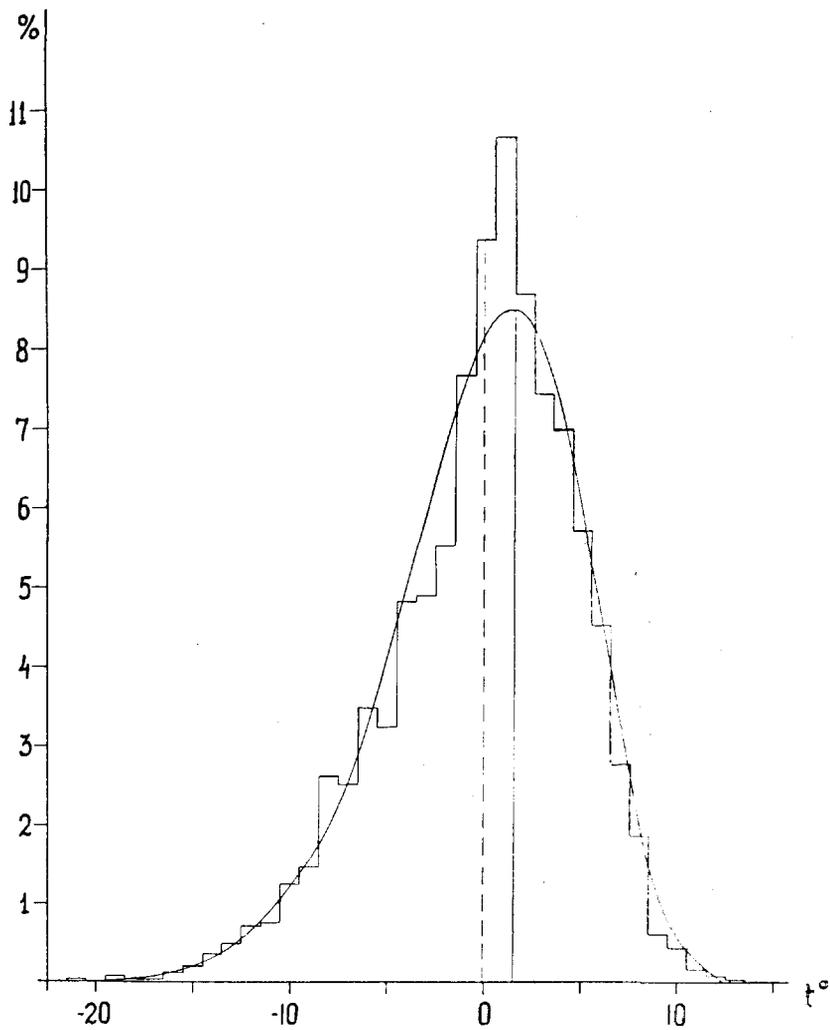


Fig. 15. Frequency-Curve for Tartu, November.

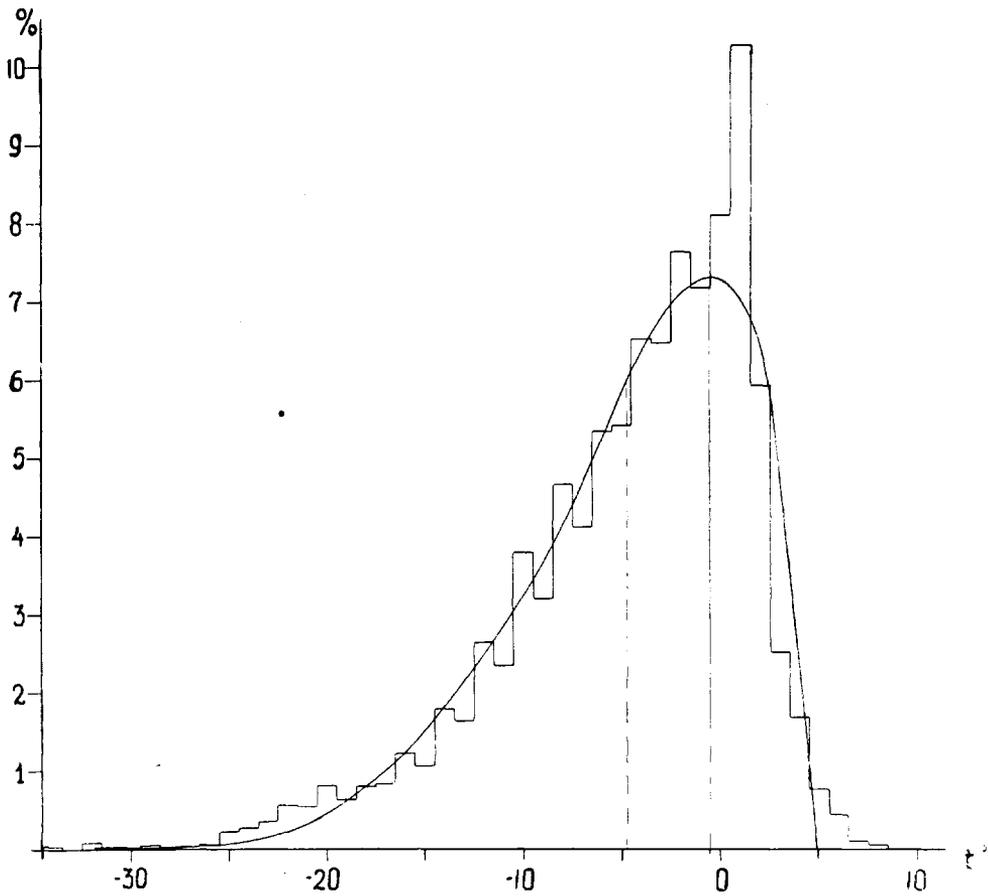


Fig. 16. Frequency-Curve for Tartu, December.

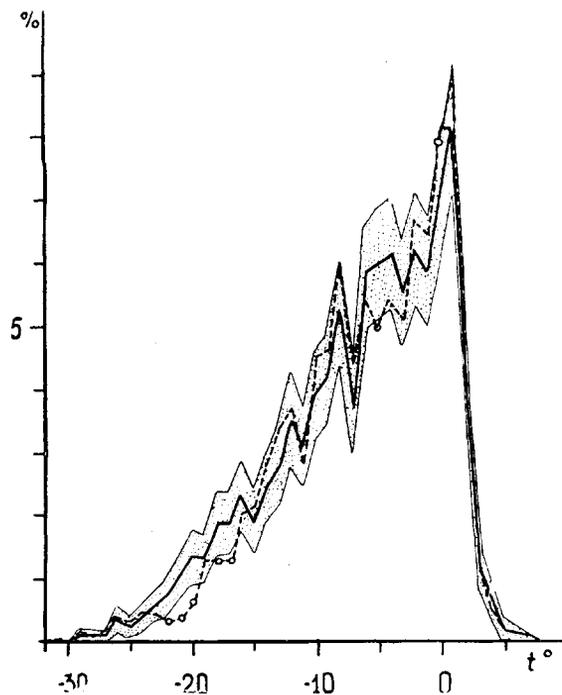


Fig. 17. Distribution of Temperatures for Tartu, January.

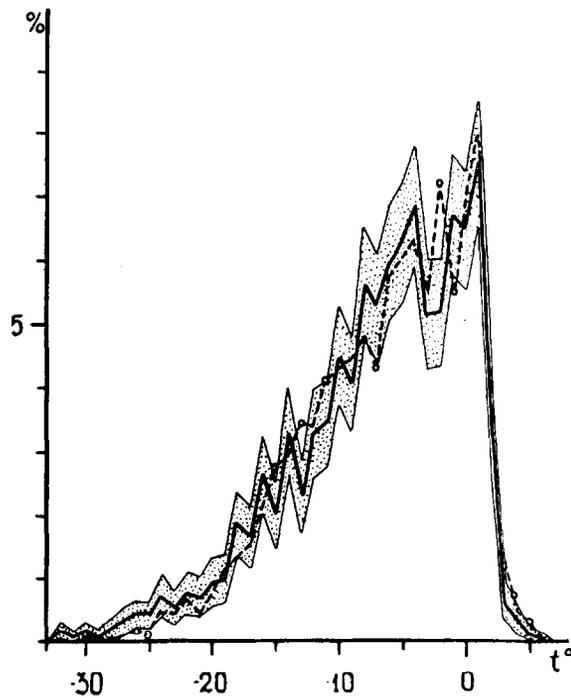


Fig. 18. Distribution of Temperatures for Tartu, February.

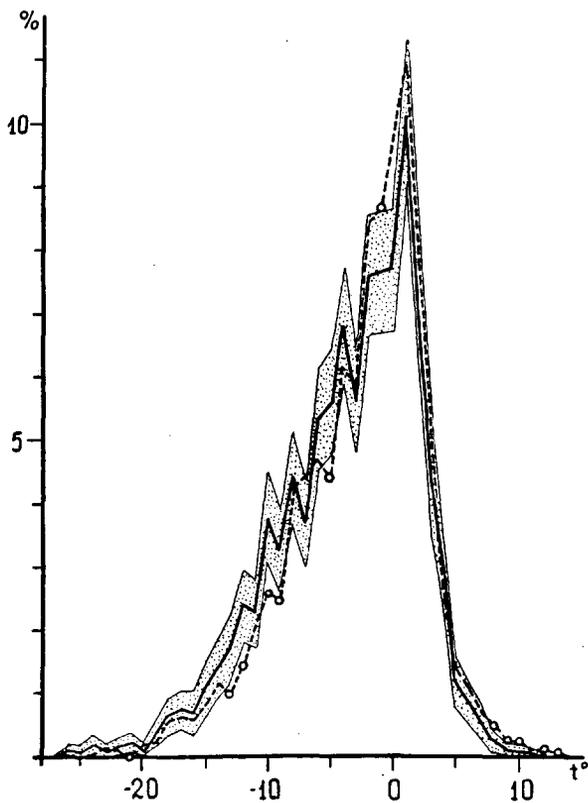


Fig. 19. Distribution of Temperatures for Tartu, March.

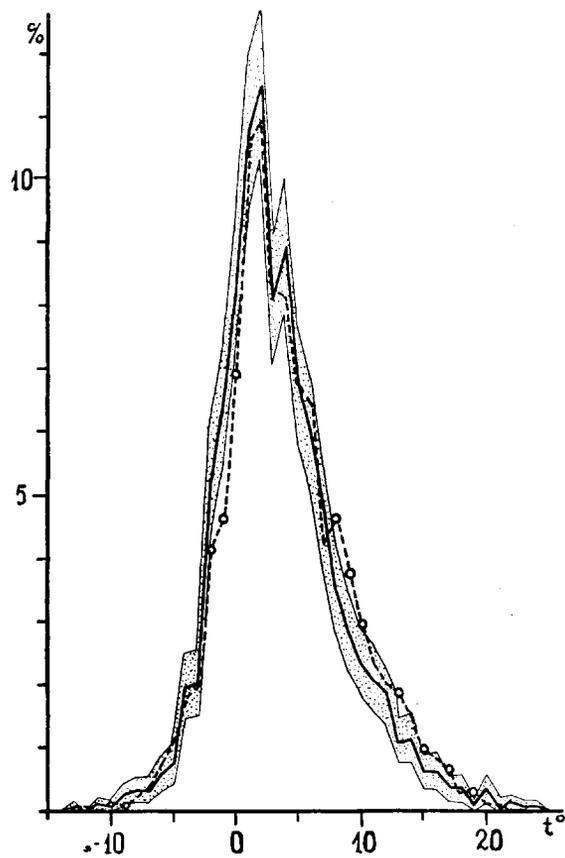


Fig. 20. Distribution of Temperatures for Tartu, April.

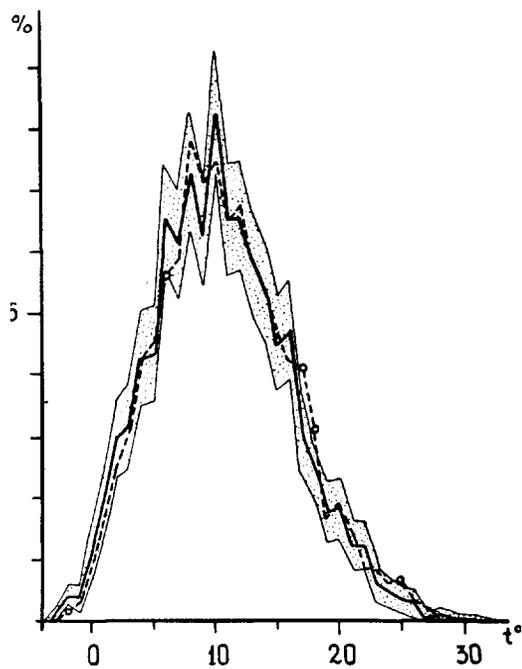


Fig. 21. Distribution of Temperatures for Tartu, May.

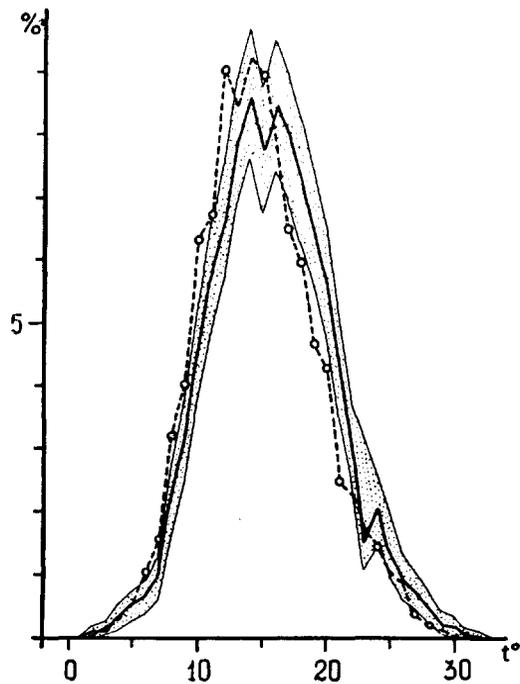


Fig. 22. Distribution of Temperatures for Tartu, June.

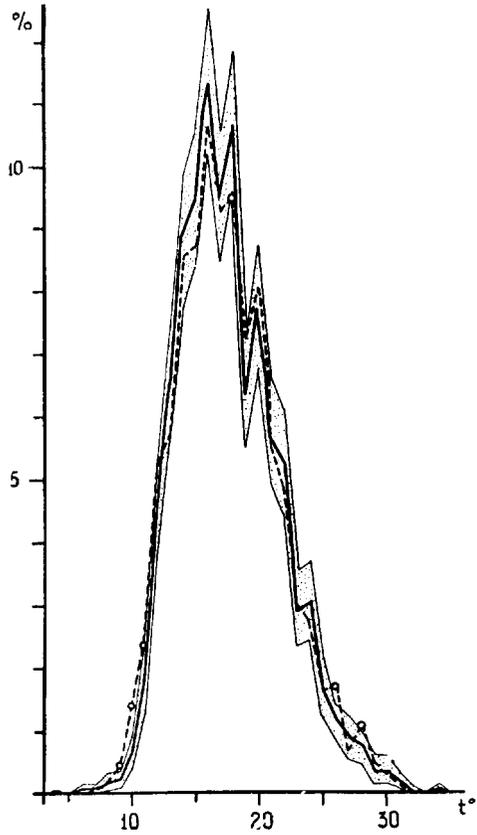


Fig. 23. Distribution of Temperatures for Tartu, July.

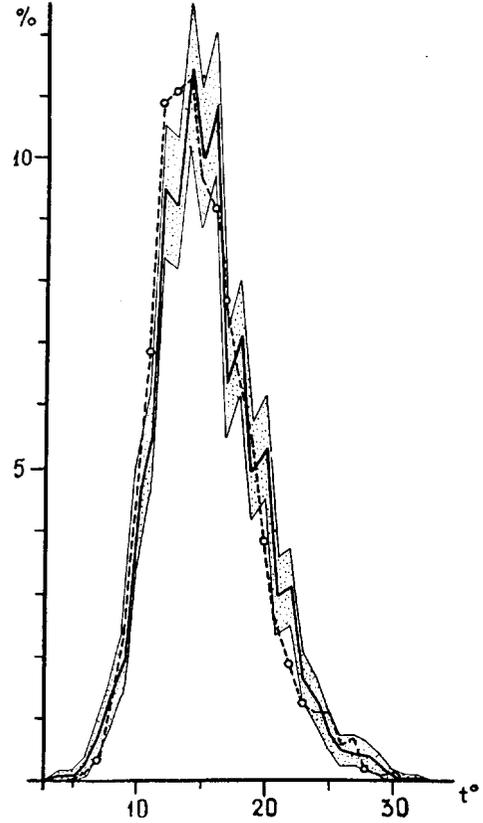


Fig. 24. Distribution of Temperatures for Tartu, August.

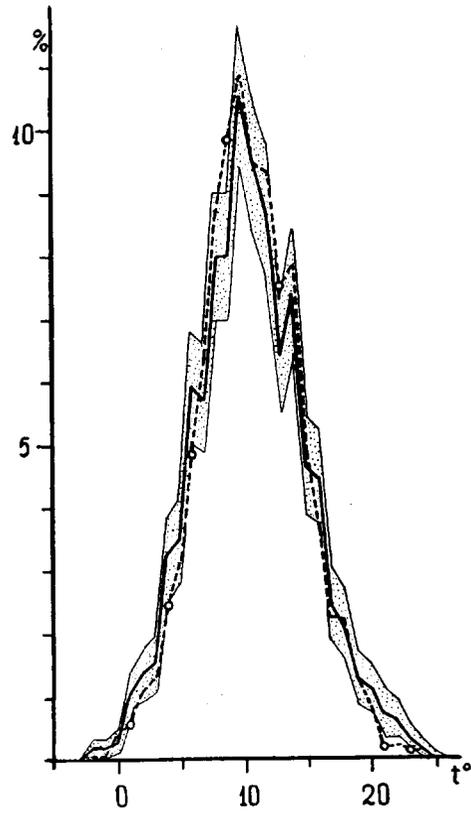


Fig. 25. Distribution of Temperatures for Tartu, September.

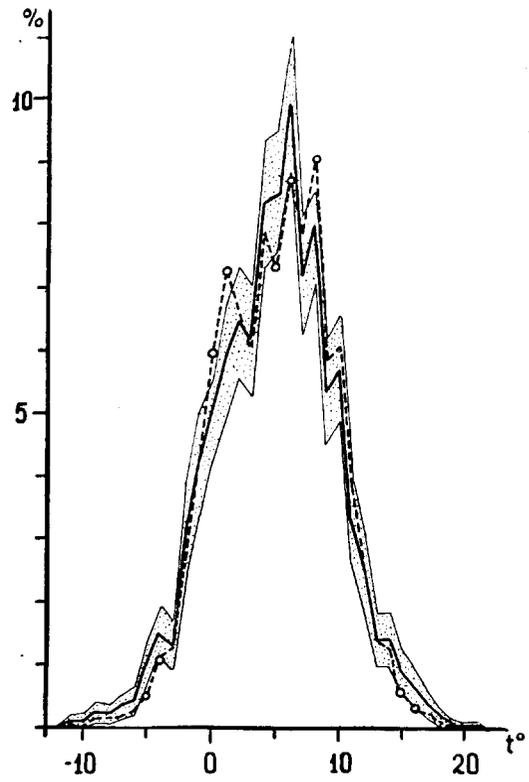


Fig. 26. Distribution of Temperatures for Tartu, October.

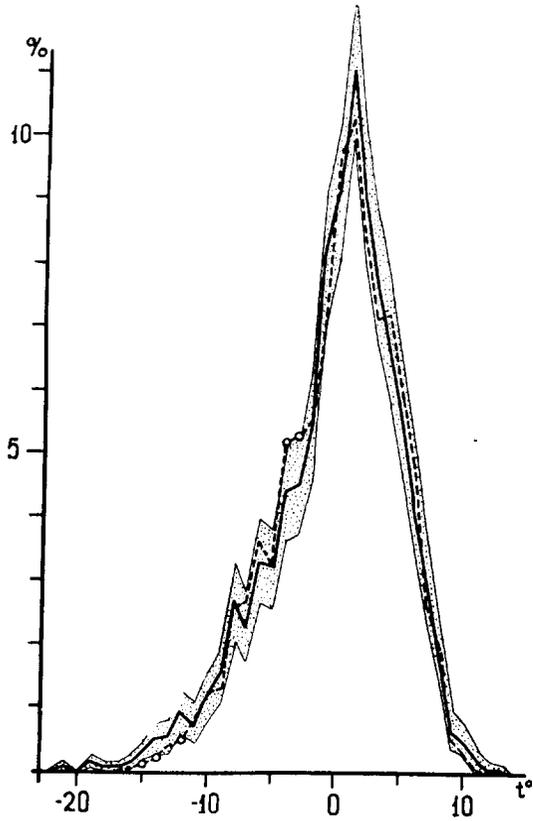


Fig. 27. Distribution of Temperatures for Tartu, November.

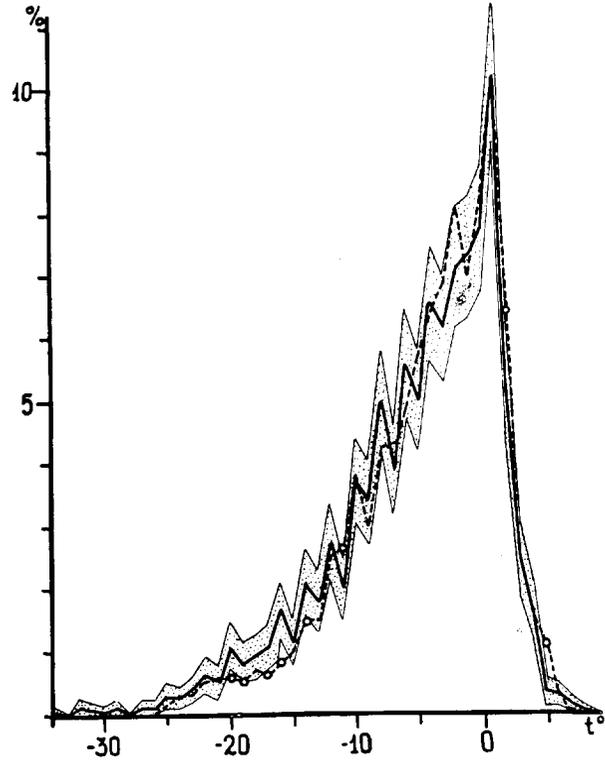


Fig. 28. Distribution of Temperatures for Tartu, December.

calculated for the first period (1870—1900) by means of the formula

$$\sigma_i = 100 \sqrt{\frac{p q}{S}},$$

where S denotes the whole number of observations, p — the probability that an observation belongs to the i group, q — the inverse probability ($q = 1 - p$). In order to obtain a better survey of the difference in the distributions of temperature in both periods, a four σ broad dotted stripe has been drawn in the figures for each month.

We see that several times in each month the dotted line of frequencies for the last period lies outside the four σ broad stripe. These outlying parts in the diagrams are marked by circles.

We know from the theory of probabilities that 95% of all cases must lie within four σ and only 5% can be outside, if the event takes place without any extraneous influence. As seen from Fig 17, for January the distribution of temperature consists of 38 different groups. The frequencies of the last period (1901—1933) can lie outside the four σ stripe only twice, if the range of temperature has not undergone any extraneous influence. In reality we see that the frequencies of temperature of the last 32 years lie 7 times outside the limits of four σ . The following table shows how many times the frequencies of the last period happen to lie outside four σ in each month.

Table 3.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
7	10	12	11	5	16	6	10	7	9	5	8

By means of the following term

$$P = \frac{\int_0^{\infty} e^{-\frac{1}{2}x^2} x^{n-1} dx}{\int_0^{\infty} e^{-\frac{1}{2}x^2} x^{n-1} dx}$$

given by Pearson we can easily find the probability that such a difference in the distribution of temperature for both periods has occurred casually without any extraneous influences. In the above given term e is the basis of the natural logarithms

$$\chi = \Sigma \left(\frac{d^2}{\mu} \right),$$

where d is the difference between the frequencies of temperature of both periods for every group, μ denotes the frequency for the corresponding group of the former period, and n the number of groups less one. For January the reckoning gives for the required probability 7×10^{-9} , which means that such a difference can take place casually without any extraneous influence only once in a period of 4×10^9 years. The mentioned probability (P) with its corresponding number of years (N) has thus been reckoned for each month and given in the following table.

Table 4.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
P	7×10^{-9}	6×10^{-19}	9×10^{-12}	9×10^{-16}	6×10^{-3}	7×10^{-26}	2×10^{-7}	5×10^{-11}	2×10^{-7}	1×10^{-5}	9×10^{-3}	3×10^{-7}
N	4×10^9	5×10^{19}	3×10^{12}	3×10^{16}	5×10^3	4×10^{26}	2×10^8	6×10^{11}	2×10^8	3×10^6	3×10^3	1×10^8

This table shows that the longest period belongs to June, when the frequency of temperature for the last period (1901—1933) lies 16 times outside the four σ stripe.

In the same way we have obtained the annual frequencies of temperature for both periods, which are graphically given in Fig. 29.

In diagram 29, the full line represents the distribution of temperature for the first period (1870—1900), the dotted line — that for the second period (1901—1933), and the dotted stripe — the four σ for the first period. The above mentioned probability (P) is only 2×10^{-48} , which shows that such a difference can occur casually only once in a period of 10^{49} years.

These probabilities being infinitely small for every month as well as for the whole year, we conclude that a change of climate has taken place during these 64 years. There follows an attempt to characterize more precisely this change in the annual variation of air temperature.

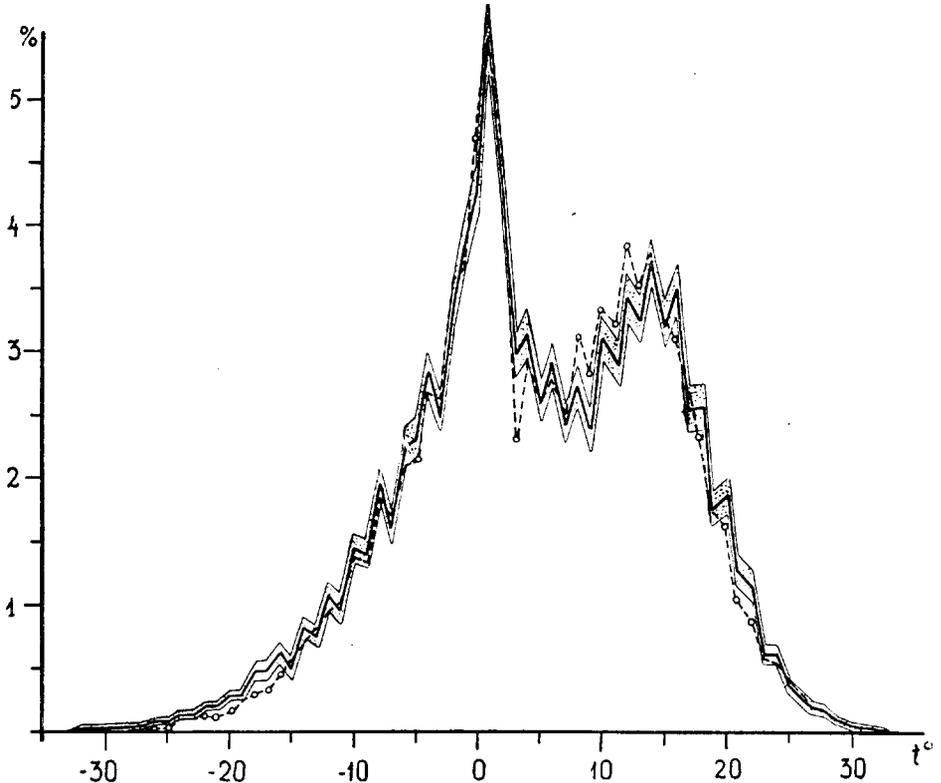


Fig. 29. Yearly Distribution of Temperature for Tartu.

As seen from the diagrams 17—28, the frequencies of low temperature have increased during the summer months and decreased during the winter months, which suggests that the points of highest and lowest temperature have been shifted in the annual variation. In order to determine more exactly this retardation, the moments of the highest and lowest temperatures have been deduced for each ten-years' period. This calculation has not been carried out by means of harmonic analysis, but the third degree polynome has been applied:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3,$$

where a_0, a_1, a_2, a_3 are constants determined by means of least squares. Harmonic analysis was not used because it forces us to take the average temperature of all the months equally into consideration, whereas in our case we are concerned only with the maximal and minimal temperatures of the annual variation. In determining the maximal point the average temperatures of May, June, July, August, and September have been taken into consideration, whereas for the minimal point — those of De-

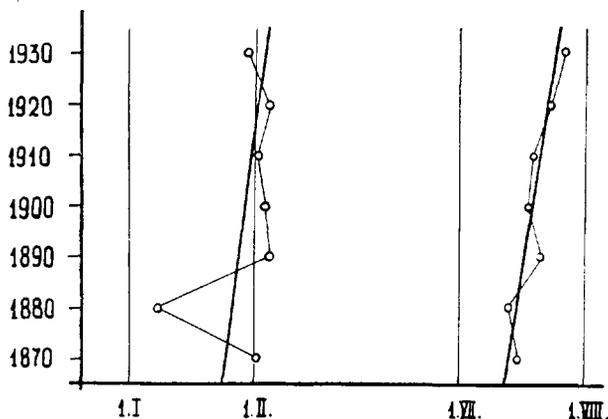


Fig. 30. Retardation in the Annual Range of Max. and Min. Temperatures for Tartu.

cember, January, February, March, and April. The moments thus obtained for each ten-years' period have been graphically represented by circles in the following diagram, where the abscissa denotes the period of time in months, the ordinate — the ten-years' periods.

By means of least squares the two corresponding approximate lines have been drawn across these circles. The reckoning shows that the retardation of the maximal point is 10.2 days with its mean error 0.8 days, and the corresponding retardation of the minimal point is 9.7 days with its mean error 3.2 days.

A decrease of annual amplitude being observed in the annual variation of temperature¹⁾, we may admit that in general the climate of Tartu in the years 1870—1933 has become more marine.

1) K. Frisch. Die Veränderungen der klimatischen Elemente nach den meteorologischen Beobachtungen von Tartu 1866—1930. Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis A XXIII. 5.

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 ultramaximum-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 аммонийныхъ солей для питанія высшихъ 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 „Kuckersite“. — 7. M. Wittlich und S. Weshnjakow. Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kuckersit. — **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 vermindernenden Faktoren auf das Glykogen des spezifischen Muskelsystems des Herzens.) — 3. E. Öpik. Notes on stellar statistics and stellar evolution. — 4. H. Kaho. Raskemetallsoolade kihvtisusest taimeplasma kohta. (Über die Schwermetallgiftwirkung in bezug auf das Pflanzenplasma.) — 5. J. Piiper und M. Härms. Der Kiefernkreuzschnabel der Insel Ösel *Loxia pityopsittacus estiae* subsp. nov. — 6. L. Poska-Teiss. Zur Frage über die vielkernigen Zellen des einschichtigen Plattenepithels.

A V (1924). 1. E. Öpik. Photographic observations of the brightness of Neptune. Method and preliminary results. — 2. A. L ü ü s. Ergebnisse der Krüppelkinder-Statistik in Eesti. — 3. C. Schloßmann. 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 diktioneema-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-öli (*Oleum menthe esthicum*). (Das estnische Pfefferminzöl.)

A VI (1924). 1. H. Bekker. 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. Wilip. Experimentelle Studien über die Bestimmung von Isothermen und kritischen Konstanten. — 3. J. Letzmann. Das Bewegungsfeld im Fuss einer fortschreitenden Wind- oder Wasserhose. — 4. H. Scupin. Die Grundlagen paläogeographischer Karten. — 5. E. Öpik. Photometric measures on the moon and the earth-shine. — 6. Y. 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. Tilzen und Y. Kauko. Die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Anwendung von Spiritus als Brennstoff. — 9. M. Wittlich. Beitrag zur Untersuchung des Öles aus estländischem Ölschiefer. — 10. J. Wilip. Emergenzwinkel, Unstetigkeitsflächen, Laufzeit. — 11. H. Scupin. Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. — 12. H. Richter. Zwei Grundgesetze (Funktion- und Strukturprinzip) der lebendigen Masse.

A VII (1925). 1. J. Vilms. Kõhreglükogeeni püsivusest mõnesuguste glükogeeni vähendavate tegurite puhul. (Über die Stabilität des Knorpelglykogens unter verschiedenen das Glykogen zum Verschwinden bringenden Umständen.) — 2. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. Nachtrag. — 3. O. Kuriks. Trachoma Eestis (eriti Tartus) möödunud ajal ja praegu. (Das Trachom in Estland (insbesondere in Dorpat) einst und jetzt.) — 4. A. Brandt. Sexualität. Eine biologische Studie. — 5. M. Haltenberger. Gehört das Baltikum zu Ost-, Nord- oder zu Mitteleuropa? — 6. M. Haltenberger. Recent geographical work in Estonia.

A VIII (1925). 1. H. Jaakson. Sur certains types de systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. Sur l'interpolation. — 2. K. Frisch. Die Temperaturabweichungen in Tartu (Dorpat) und ihre Bedeutung für die Witterungsprognose. — 3. O. Kuriks. Muutused leeprahaigete silmas Eesti leprosooriumide haigete läbivaatamise põhjal. (Die Lepra des Auges.) — 4. A. Paldrock. Die Senkungsreaktion und ihr praktischer Wert. — 5. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C_2 -)Stufe in Eesti. I. — 6. M. Wittlich. Einiges über den Schwefel im estländischen Ölschiefer (Kukersit)

und dessen Verschmelungsprodukten. — 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. Sarw. Ahmese geometrilised joonised. (Die geometrischen Figuren des Ahmes.) — 6. K. Jaanson-Orviku. Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti. I.

A XII (1927). 1. E. Reinwaldt. Beiträge zur Muriden-Fauna Estlands mit Berücksichtigung der Nachbargebiete. — 2. A. Öpik. Die Inseln Odensholm und Rogö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. — 3. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-)Stufe in Eesti. II. — 4. Th. Lippmaa. Beobachtungen über durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung. — 5. A. Laur. Die Titration des Ammoniumhydrosulfides mit Ferricyankalium. — 6. N. King. Über die rhythmischen Niederschläge von PbJ₂, Ag₂CrO₄ und AgCl im kapillaren Raume. — 7. P. N. Kogerman and J. Kranig. Physical constants of some alkyl carbonates. — 8. E. Spohr. Über brunsterzeugende Stoffe im Pflanzenreich. Vorläufige Mitteilung.

A XIII (1928). 1. J. Sarw. Zum Beweis des Vierfarbensatzes. — 2. H. Scupin. Die stratigraphische Stellung der Devonschichten im Südosten Estlands. — 3. H. Perlitz. 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 Kukruse-(C₂-C₃)-Stufe in Eesti. III.

A XIV (1929). 1. J. Rives. Über die histopathologischen Veränderungen im Zentralnervensystem bei experimenteller Nebenniereninsuffizienz. — 2. W. Wadi. Kopsutuberkuloosi areng ja kliinilised vormid. (Der Entwicklungsgang und die klinischen Formen der Lungentuberkulose.) — 3. E. Markus. Die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Alatskivi. — 4. K. Frisch. Zur Frage über die Beziehung zwischen der Getreideernte und einigen meteorologischen Faktoren in Eesti.

A XV (1929). 1. A. Nõmmik. The influence of ground limestone on acid soils and on the availability of nitrogen from several mineral nitrogenous fertilizers. — 2. A. Öpik. Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium). I—IV. — 3. J. Nuut. Über die Anzahl der Lösungen der Vierfarbenaufgabe. — 4. J. Nuut. Über die Vierfarbenformel. — 5. J. Nuut. Topologische Grundlagen des Zahlbegriffs. — 6. Th. Lippmaa. Pflanzenökologische Untersuchungen aus Norwegisch- und Finnisch-Lappland unter besonderer Berücksichtigung der Lichtfrage.

A XVI (1930). 1. A. Paris. Über die Hydratation der Terpene des 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. Keskevoni põhikihid Eestis. (Die untersten Schichten des Mitteldevons in Eesti.) — 6. J. Kopwille. Über die thermale Zersetzung von estländischem Ölschiefer Kukersit.

A XVII (1930). 1. A. Öpik. Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe. — 2. P. W. Thomson. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands.

A XVIII (1930). 1. G. Vilberg. Erneuerung der Loodvegetation durch Keimlinge in Ost-Harrien (Estland). — 2. A. Parts. Über die Neutralsalzwirkung auf die Geschwindigkeit der Ionenreaktionen. — 3. Ch. R. Schlossmann. On two strains of yeast-like organisms cultured from diseased human throats. — 4. H. Richter. Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen. — 5. H. Arro. Die Metalloxyde als photo-

chemische Sensibilatoren beim Bleichen von Methyleneblaulösung. —
6. A. Luha. Über Ergebnisse stratigraphischer Untersuchungen im
Gebiete der Saaremaa-(Ösel-)Schichten in Eesti (Unterösel und Eury-
pterusschichten). — **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-(C₂-C₃-)Stufe in
Eesti. IV. — **3.** H. Liedemann. Über die Sonnenscheindauer und
Bewölkung in Eesti. — **4.** J. Sarw. Geometria alused. (Die Grund-
lagen 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 Niederungsmoor. —
6. J. Wilip. A galvanometrically registering vertical seismograph with
temperature compensation. — **7.** J. Nuut. Eine arithmetische Analyse
des Vierfarbenproblems. — **8.** G. Barkan. Dorpats Bedeutung für
die Pharmakologie. — **9.** K. Schlossmann. Vanaduse ja surma
mõistetest ajakohaste bioloogiliste andmete alusel. (Über die Begriffe
Alter und Tod auf Grund der modernen biologischen Forschung.)

A XXI (1931). **1.** N. Kwaschnin-Ssamarin. Studien über
die Herkunft des osteuropäischen Pferdes. — **2.** U. Karell. Beitrag zur
Ätiologie der arteriellen Thrombosen. — **3.** E. Krahn. Über Eigenschwin-
gungszahlen freier Platten. — **4.** A. Öpik. Über einige Karbonatgesteine
im Glazialgeschiebe NW-Estlands. — **5.** A. Thomson. Wasserkultur-
versuche mit organischen Stickstoffverbindungen, angestellt zur Ermittlung
der Assimilation ihres Stickstoffs von seiten der höheren grünen Pflanze.

A XXII (1932). **1.** U. Karell. An observation on a peculiarity
of the cardiac opening reflex in operated cases of cardiospasmus. —
2. E. Krahn. Die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit des Vierfarben-
satzes. — **3.** A. Audova. Der wirkliche Kampf ums Dasein. —
4. H. Perlitz. Abstandsänderungen nächster Nachbaratome in einigen
Elementen und Legierungen bei Umordnung aus der kubischen flächen-
zentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte oder die hexago-
nale dichteste Anordnung.

A XXIII (1932). **1.** J. Port. Untersuchungen über die Wir-
kung der Neutralsalze auf das Keimlingswachstum bezüglich der Ab-
hängigkeit von ihrer Konzentration. — **2.** E. Markus. Chorogenese
und Grenzverschiebung. — **3.** A. Öpik. Über die Plectellinen. —
4. J. Nuut. Einige Bemerkungen über Vierpunktaxiome. — **5.** K. Frisch.
Die Veränderungen der klimatischen Elemente nach den meteorologischen
Beobachtungen von Tartu 1866—1930.

A XXIV (1933). **1.** M. Gross. In der Butter vorkommende
Sprosspilze und deren Einwirkung auf die Butter. — **2.** H. Perlitz.
Bemerkungen zu den Regeln über Valenzelektronenkonzentrationen in

binären intermetallischen Legierungen. — 3. A. Öpik. Über *Scolithus* aus Estland. — 4. T. Lippmaa. Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes). — 5. E. Markus. Die südöstliche Moorbucht von Lauge. — 6. A. Sprantsman. Über Herstellung makroskopischer Thalliumkristalle durch Elektrolyse. — 7. A. Öpik. Über Plectamboniten.

A XXV (1933). 1. A. Öpik. Über einige Dalmanellacea aus Estland. — 2. H. Richter. Ergänzungen zu: „Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen“. Die Rolle, welche „Spirale“ und „Wirbel“ in den biologischen Phänomenen spielt, besonders auch in bezug auf die feinere Struktur des lebendigen Protoplasmas. — 3. T. Lippmaa ja K. Eichwald. Eesti taimed I (1—50). (Estonian plants.) — 4. E. Piipenberg. Die Stadt Petseri in Estland. — 5. A. Miljan. Vegetationsuntersuchungen an Naturwiesen und Seen im Otepääschen Moränengebiet Estlands. I. — 6. R. Livländer. On the colour of Mars. — 7. A. Tudeberg. Über die Theorie und die Anwendungsmethoden der Quadraturreihen.

A XXVI (1934). 1. E. Blessig. Index ophthalmologiae Balticus. — 2. E. Öpik. Atomic collisions and radiation of meteors. — 3. J. Tehver und A. Kriisa. Zur Histologie des Harnleiters der Haussäugetiere. — 4. H. Kaho. Leelissoolade toimest taimeraku deplasmolüüsile. (Über den Einfluss von Alkalisalzen auf die Deplasmolyse der Pflanzenzellen.) — 5. A. Öpik. Über Klitamboniten. — 6. A. Tudeberg. Über die Beweisbarkeit einiger Anordnungsansagen in geometrischen Axiomensystemen.

A XXVII (1934). 1. K. Lellep. Simulation von Geisteskrankheiten und deren Grenzzuständen. — 2. M. Tiitso. Hingamise ergulisest regulatsioonist. I teadaanne: Stenoosi toime inimese hingamisele. (Über die nervöse Atemregulation. I. Mitteilung: Der Einfluss der Stenose auf die menschliche Atmung.) — 3. M. Tiitso. Hingamise ergulisest regulatsioonist. II teadaanne: Inimese hingamisfrekvents kopsude erineva täitumise korral. (Über die nervöse Atemregulation. II. Mitteilung: Die Atemfrequenz des Menschen bei abnormen Lungenfüllungen.) — 4. M. Tiitso. Hingamise ergulisest regulatsioonist. III teadaanne: Proprioseptiivsete aferentside toimest hingamisele. (Über die nervöse Atemregulation. III. Mitteilung: Über die Auswirkung der propriozeptiven Afferenzen auf die Atmung.) — 5. J. Tehver und M. Keerd. The number of ribs in the ox and pig. — 6. A. Kärсна. Über das Problem der Vorhersage des nächtlichen Temperaturminimums. — 7. K. Schlossmann. A study of bacterial carbohydrates with special reference to the tubercle bacillus. — 8. A. Öpik. *Ristnacrinus*, a new ordovician crinoid from Estonia. — 9. A. Kipper. Variation of surface gravity upon two Cepheids — δ Cephei and η Aquilae. — 10. E. Lepik. Fungi Estonici exsiccati. Uredinaceae. — 11. H. Perlitz. The structure of the intermetallic compound Au_2Pb .

A XXVIII (1935). 1. T. Lippmaa. Une analyse des forêts de l'île estonienne d'Abrika (Abro) sur la base des associations unistrates.

— 2. J. Sarv. Foundations of arithmetic. — 3. A. Tudeberg. Orthogonalsysteme von Polynomen und Extremumprobleme der Interpolationsrechnung. — 4. T. Lippmaa. Eesti geobotaanika põhijooni. (Aperçu géobotanique de l'Estonie.)

A XXIX (1936). 1. A. Öpik. *Hoplocrinus* — eine stiellose Seelilie aus dem Ordovizium Estlands. — 2. A. Kärсна. Vereinfachte Methoden zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten bei normaler Korrelation. — 3. J. Nuut. Eine nichteuklidische Deutung der relativistischen Welt. — 4. H. Kaho. Das Verhalten der Eiweissstoffe gesunder und abbaukranker Kartoffelknollen gegen Salze. — 5. T. Lippmaa ja K. Eichwald. Eesti taimed. II (51—100). (Estonian plants.) — 6. J. Nuut. Ansätze zu einer expansionistischen Kinematik. — 7. A. Lüüs. Données anthropologiques sur les nouveaux-nés estoniens. — 8. A. Tudeberg. Energieverluste im Eisenblech bei niederfrequenter Ummagnetisierung. — 9. Wilh. Anderson. Existiert eine obere Grenze für die Dichte der Materie und der Energie?

B I (1921). 1. M. Vasmer. Studien zur albanesischen Wortforschung. I. — 2. A. v. Bulmerineq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 1. — 3. M. Vasmer. Osteuropäische Ortsnamen. — 4. W. Anderson. Der Schwank von Kaiser und Abt bei den Minsker Juden. — 5. J. Bergman. Quaestiunculae Horatianae.

B II (1922). 1. J. Bergman. Aurelius Prudentius Clemens, der grösste christliche Dichter des Altertums. I. — 2. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. I. Konsonandid. (Südwepsische Lautgeschichte. I. Konsonantismus.) — 3. W. Wiget. Altgermanische Lautuntersuchungen.

B III (1922). 1. A. v. Bulmerineq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 2. — 2. M. A. Курчинский (M. A. Kurtschinsky). 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. Vokalismus.) — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. [I.] — 6. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. I.

B IV (1923). 1. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. II. — 2. A. v. Bulmerineq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 3. — 3. W. Anderson. Nordasiatische Flutsagen. — 4. A. M. Tallgren. L'ethnographie préhistorique de la Russie du nord et des États Baltiques du nord. — 5. R. Gutmann. Eine unklare Stelle in der Oxforder Handschrift des Rolandsliedes.

B V (1924). 1. H. Mutschmann. Milton's eyesight and the chronology of his works. — 2. A. Pridik. Mut-em-wija, die Mutter Amenhotep's (Amenophis) III. — 3. A. Pridik. Der Mitregent des Königs Ptolemaios II Philadelphos. — 4. G. Suess. De Graecorum fabulis satyricis. — 5. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. I. Lief.

(S. 1—160). — 6. H. Mutschmann. Studies concerning the origin of „Paradise Lost“.

B VI (1925). 1. A. Saareste. Leksikaalseist vahekordadest eesti murretes. I. Analüüs. (Du sectionnement lexicologique dans les patois estoniens. I. Analyse.) — 2. A. Bjerre. Zur Psychologie des Mordes.

B VII (1926). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 4. — 2. W. Anderson. Der Chalfenmünzfund von Kochtel. (Mit Beiträgen von R. Vasmer.) — 3. J. Mägiste. Rosona (Eesti Ingeri) murde pääjooded. (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 restauratsiooniajal (1814—1830). (Du parlementarisme en France pendant la Restauration.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. I. Teil (S. 1—102). — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. II. Lief. (S. 161—288). — 4. G. Suess. De eo quem dicunt inesse Trimalchionis cenae sermone vulgari. — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. III. — 6. C. Vilhelmsen. De ostraco quod Revaliae in museo provinciali servatur.

B X (1927). 1. H. B. Rahamägi. Eesti Evangeeliumi Luteri usu vaba rahvakirik vabas Eestis. (Die evangelisch-lutherische freie Volkskirche im freien Eesti. Anhang: Das Gesetz betreffend die religiösen Gemeinschaften und ihre Verbände.) — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IV. — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. III. Lief. (S. 289—416). — 4. W. Schmied-Kowarzik. Die Objektivation des Geistigen. (Der objektive Geist und seine Formen.) — 5. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. I.

B XI (1927). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) I. — 2. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. IV. Lief. (S. 417—512). — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. V.

B XII (1928). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) II. — 2. J. Mägiste. *oi-*, *ei-*deminutiivid läänemeresoome keelis. (Die *oi-*, *ei-*Deminutiva der ostseefinnischen Sprachen.)

B XIII (1928). 1. G. Suess. Petronii imitatio sermonis plebe qua necessitate coniungatur cum grammatica illius aetatis doctrina. —

2. С. Штейн (S. v. Stein). Пушкин и Гофман. (Puschkin und E. T. A. Hoffmann.) — 3. A. V. Kõrv. Värsimõõt Veske „Eesti rahvalauludes“. (Le mètre des „Chansons populaires estoniennes“ de Veske.)

B XIV (1929). 1. Н. Майм (N. Maim). Парламентаризм и суверенное государство. (Der Parlamentarismus und der souveräne Staat.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. II. Teil (S. 103—134). — 3. E. Virányi. Thalès Bernard, littérateur français, et ses relations avec la poésie populaire estonienne et finnoise.

B XV (1929). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 1 (1, 2—11). — 2. W. E. Peters. Benito Mussolini und Leo Tolstoi. Eine Studie über europäische Menschheitstypen. — 3. W. E. Peters. Die stimmanalytische Methode. — 4. W. Freymann. Platons Suchen nach einer Grundlegung aller Philosophie.

B XVI (1929). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) III. — 2. W. Süß. Karl Morgenstern (1770—1852). I. Teil (S. 1—160).

B XVII (1930). 1. A. R. Cederberg. Heinrich Fick. Ein Beitrag zur russischen Geschichte des XVIII. Jahrhunderts. — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VI. — 3. W. E. Peters. Wilson, Roosevelt, Taft und Harding. Eine Studie über nordamerikanisch-englische Menschheitstypen nach stimmanalytischer Methode. — 4. N. Maim. Parlamentarism ja fašism. (Parliamentarism and fascism.)

B XVIII (1930). 1. J. Vasar. Taani püüded Eestimaa taasvallutamiseks 1411—1422. (Dänemarks Bemühungen Estland zurückzugewinnen 1411—1422.) — 2. L. Leesment. Über die livländischen Gerichtssachen im Reichskammergericht und im Reichshofrat. — 3. 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.

B XXVI (1932). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 4 (3, 3—12). — 2. A. Pridik. Wer war Mutemwija? — 3. N. Maim. Völkerbund und Staat. Teil II (S. I—III. 177—356).

B XXVII (1932). 1. K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). I. Teil (S. 1—128). — 2. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 5 (3, 12—24). — 3. M. J. Eisen. Kevadised pühad. (Frühlingsfeste.) — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VIII.

B XXVIII (1932). 1. P. Põld. Üldine kasvatusõpetus. (Allgemeine Erziehungslehre.) Redigeerinud (redigiert von) J. Tork. — 2. W. Wiget. Eine unbekante Fassung von Klingers Zwillingen. — 3. A. Oras. The critical ideas of T. S. Eliot.

B XXIX (1933). 1. L. Leesment. Saaremaa halduskonna finantsid 1618/19. aastal. (Die Finanzen der Provinz Ösel im Jahre 1618/19.) — 2. L. Rudrauf. Un tableau disparu de Charles Le Brun. — 3. P. Ariste. Eesti-rootsi laensõnad eesti keeles. (Die estlandschwedischen Lehnwörter in der estnischen Sprache.) — 4. W. Süß. Studien zur lateinischen Bibel. I. Augustins Locutiones und das Problem der lateinischen Bibelsprache. — 5. M. Kurtschinsky. Zur Frage des Kapitalprofits.

B XXX (1933). 1. A. Pridik. König Ptolemaios I und die Philosophen. — 2. K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe

an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). II. Teil (S. I—XLII + 129—221). — 3. D. Grimm. Zur Frage über den Begriff der Societas im klassischen römischen Rechte. — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IX.

B XXXI (1934). 1. E. Päss. Eesti liulaul. (Das estnische Rodellied.) — 2. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. III. — 3. A. Kurlents. „Vanemate vara“. Monograafia ühest joomalaulust. („Der Eltern Schatz“. Monographie über ein Trinklied.) — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. X.

B XXXII (1934). 1. A. Anni. F. R. Kreutzwaldi „Kalevipoeg“. I osa: Kalevipoeg eesti rahvaluules. (F. R. Kreutzwalds „Kalevipoeg“. I. Teil: Kalevipoeg in den estnischen Volksüberlieferungen.) — 2. P. Arumaa. Untersuchungen zur Geschichte der litauischen Personalpronomina. — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. XI. — 4. L. Gulko witsch. Die Entwicklung des Begriffes Ḥāsīd im Alten Testament. — 5. H. Laakmann und W. Anderson. Ein neues Dokument über den estnischen Metsik-Kultus aus dem Jahre 1680.

B XXXIII (1936). 1. A. Annist (Anni). Fr. Kreutzwaldi „Kalevipoeg“. II osa: „Kalevipoja“ saamislugu. (Fr. Kreutzwalds „Kalevipoeg“. II. Teil: Die Entstehungsgeschichte des „Kalevipoeg“.) — 2. H. Mutschmann. Further studies concerning the origin of Paradise Lost. (The matter of the Armada.) — 3. P. Arumaa. De la désinence *-to* du présent en slave. — 4. O. Loorits. Pharaos Heer in der Volksüberlieferung. I. — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. XII.

B XXXIV (1935). 1. W. Anderson. Studien zur Wortsilbenstatistik der älteren estnischen Volkslieder. — 2. P. Ariste. Huulte vönkehäälk eesti keeles. (The labial vibrant in Estonian.) — 3. P. Wieselgren. Quellenstudien zur Volsungasaga. I (S. 1—154).

B XXXV (1935). 1. A. Pridik. Berenike, die Schwester des Königs Ptolemaios III Euergetes. I. Hälfte (S. 1—176). — 2. J. Taul. Kristluse jumalariigi õpetus. (Die Reich-Gottes-Lehre des Christentums.) I pool (lk. I—VIII. 1—160).

B XXXVI (1935). 1. A. Pridik. Berenike, die Schwester des Königs Ptolemaios III Euergetes. II. Hälfte (S. I—VIII. 177—305). — 2. J. Taul. Kristluse jumalariigi õpetus. (Die Reich-Gottes-Lehre des Christentums.) II pool (lk. 161—304).

B XXXVII (1936). 1. A. v. Bulmerincq. Die Immanuelweissagung (Jes. 7) im Lichte der neueren Forschung. — 2. L. Gulko witsch. Das Wesen der maimonideischen Lehre. — 3. L. Gulko witsch. Rationale und mystische Elemente in der jüdischen Lehre. — 4. W. Anderson. Achtzig neue Münzen aus dem Funde von Naginščina. — 5. P. Wieselgren. Quellenstudien zur Volsungasaga. II (S. 155—238). — 6. L. Gulko witsch. Die Bildung des Begriffes Ḥāsīd. I.

B XXXVIII (1936). 1. J. Mägiste. Einiges zum problem der *oi-*, *ei-*deminutiva und zu den prinzipien der wissenschaft-

lichen kritik. — 2. P. Wieselgren. Quellenstudien zur Völsungasaga. III (S. 239—430). — 3. W. Anderson. Zu Albert Wesselski's Angriffen auf die finnische folkloristische Forschungsmethode. — 4. A. Koort. Beiträge zur Logik des Typusbegriffs. Teil I (S. 1—138). — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. XIII.

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 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.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1928. aasta I poolaastal. — **VIII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1928. aasta II poolaastal. — **IX 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1929. aasta I poolaastal. — **IX 2.** Loengute ja praktiliste tööde 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.

C XI—XIII (1934). **XI 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1930. aasta I poolaastal. — **XI 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1930. aasta II poolaastal. — **XI 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1930. — **XII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1931. aasta I poolaastal. — **XII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1931. aasta II poolaastal. — **XII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1931. — **XIII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1932. aasta I poolaastal. — **XIII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1932. aasta II poolaastal. — **XIII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1932. — **XIII 4.** K. Schreinert. Goethes letzte Wandlung. Festrede. — **XIII 5.** R. Mark. Dotsent Theodor Korssakov †. Nekroloog.

C XIV (1932). Tartu Ülikooli ajaloo allikaid. I. Academia Gustaviana. a) Ürikuid ja dokumente. (Quellen zur Geschichte der Universität Tartu (Dorpat). I. Academia Gustaviana. a) Urkunden und Dokumente.) Koostanud (herausgegeben von) J. Vasar.

C XV (1932). L. Villecourt. L'Université de Tartu 1919—1932.

C XVI—XVIII (1936). **XVI 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1933. aasta I poolaastal. — **XVI 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1933. aasta II poolaastal. — **XVI 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli

isiklik koosseis 1. detsembril 1933. — **XVII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1934. aasta I poolaastal. — **XVII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1934. aasta II poolaastal. — **XVII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1934. — **XVII 4.** R. Õ u n a p. Tartu Ülikooli Õigusteaduskonna kriminalistikaõpetaja A. P. Melnikov †. — **XVII 5.** F. P u k s o v. Rahvusvahelise vaimse koostöötamise institutsioonid ja nende tegevus 1932--1933. — **XVIII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1935. aasta I poolaastal. — **XVIII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1935. aasta II poolaastal. — **XVIII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1935.

Eesti koha- ja tänavanimed peavad olema väljendatud maksvate eestikeelsete nimetuste järgi kõigis Eestis avaldatavais trükitooteis ja perioodilise trükitoote nimetuses. Erandina võidakse tarvitada Eesti koha- või tänavanime muukeelset väljendust trükis avaldatavais ajaloolistes ürikuis ja üldse kirjutistes, kus koha- või tänavanimi esineb ajaloolises käsitluses. (Riigi Teataja 2 — 1935, art. 12, § 13.)

Les noms de lieux et de rues de l'Estonie doivent être donnés dans leur forme estonienne officielle dans tous les imprimés publiés en Estonie, et aussi dans les titres des périodiques. Exceptionnellement, on peut employer les formes étrangères des noms de lieux et de rues de l'Estonie en publiant des documents historiques, et en général dans des écrits où le nom d'un lieu ou d'une rue est traité du point de vue historique. (Riigi Teataja 2 — 1935, art. 12, § 13.)

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.
