© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



# Materialien zu einer Monographie betreffend die Erscheinungen der Transpiration der Pflanzen.

Von

**Dr. Alfred Burgerstein.**

## III. Theil.

(Eingelaufen am 10. Jänner 1901.)

## Einleitung.

Meine in den „Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien" veröffentlichten „Materialien zu einer Monographie betreffend die Erscheinungen der Transpiration der Pflanzen", deren erster Theil 1887, deren zweiter Theil 1889 erschienen ist, haben so vielfache Anerkennung gefunden,[1]) dass ich mich entschloss, als Fortsetzung den vorliegenden dritten Theil zu bearbeiten. Derselbe umfasst ein Resumé der vom Juli 1889 bis December 1900 erschienenen Arbeiten, deren Zahl gerade nicht gering ist, und die ich nahezu alle im Original eingesehen habe. Die nach den Autornamen in eckigen Klammern stehenden Zahlen [1—354] beziehen sich auf jene Nummer, unter welcher die betreffende Abhandlung in dem chronologisch geordneten Literaturverzeichniss der drei Theile der „Materialien" angeführt ist. Von periodischen Zeitschriften, welche Referate der in Betracht kommenden Arbeiten enthalten, habe ich diesmal blos die Botanische Zeitung (B. Z.), den Botanischen Jahresbericht (B. J.) und das Botanische Centralblatt (B. C. Bl.) berücksichtigt.

Mit dem Abschluss dieses dritten Theiles ist die Transpirationsliteratur des ganzen 18. und 19. Jahrhunderts zusammengetragen, kritisch excerpirt und übersichtlich geordnet.

---

[1]) Vergl. z. B. Verschaffelt [263]: „Wij verzenden den lezer naar de bibliographie, die zeer volledig door Burgerstein gegeven wordt. Het ware in alle geval een belangrijk en loonend werk, der invloed van verscheidene, niet schadelijke gassen en dampen op de transpiratie te onderzoeken." — Bessy and Woods [266]: „Free use has been made for the admirable papers by A. Burgerstein, modestly called by him ‚Materialien etc.'. They contain excellent summaries of 242 papers upon transpiration" etc. — Woods [286]: „Burgerstein's papers make a most valuable contribution to the literature of transpiration and are invaluable to one, who desires to make a critical study of the subject." — Stahl [293]: „... die schon überreiche Transpirationsliteratur, die in Burgerstein einen verdienstvollen Monographen gefunden hat." — Wollny [294]: „... eine vorzügliche Zusammenstellung der Literatur bei A. Burgerstein." — Stenström [305]: „Für die Orientirung in der weitläufigen Transpirationsliteratur leistet ausgezeichnete Dienste Burgerstein's ‚Materialien etc.'" — Pfeffer verweist in seiner Pflanzenphysiologie (II. Aufl., Bd. I, S. 216—262) wiederholt auf meine „Materialien".

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



## I. Literatur.

245. **Areschoug T. W. C.,** Der Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbesondere auf die anatomische Structur der Blattorgane (Engler, Bot. Jahrb., Bd. II, 1882, S. 511). — [Ref.: B. C. Bl., XII (1882), 150.]

246. **Stahl E.,** Ueber den Einfluss des sonnigen und schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter (Jenaische Zeitschr. für Naturwissenschaft, Bd. XVI, Jena, 1883, S. 162). — [Ref.: B. J., XI (1883), 425. — B. C. Bl., XIV, 1883, 37.]

247. **Vaizey J. R.,** The Transpiration of the sporophore of the musci (Annal. of Botany, Vol. I, 1887, Nr. 1).

248. **Alessandri P. E.,** Studi sulla evaporazione comparata dell' acqua, del suole e di piante erbacee (L' Italia agricola, Vol. XX, Milano, 1888, p. 378). — [Ref.: B. J., XVI (1888), 74.]

249. **Ebert O.,** Ueber das Pallisadenparenchym. — Einfluss der Transpiration und Assimilation etc. (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. VI, Berlin, 1888, S. 360, 371). — [Ref.: B. J., XVI (1888), 88.]

250. **Hintz R.,** Ueber den mechanischen Bau des Blattrandes mit Berücksichtigung einiger Anpassungserscheinungen zur Verminderung der localen Verdunstung (Abh. d. kais. Leopold.-Carol. Akad. d. Naturf., Bd. LIV, 1889, S. 93). — [Ref.: B. C. Bl., XLII (1890), 50.]

251. **Keller R.,** Die Transpiration der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von äusseren Bedingungen (Biol. Centralbl., Bd. IX, 1889, S. 449). — [Ref.: B. C. Bl., XLIII, 1889, 299.]

252. **Bonnier G.,** Influence des hautes altitudes sur les fonctions des végétaux (Compt.-rend. de l'Acad. des Sc. Paris, Vol. CXI, 1890, II, p. 377). — [Ref.: B. C. Bl., XLV, 1891, 380.]

253. **Curtel G.,** Recherches physiologiques sur la transpiration et l'assimilation pendant les nuits norvégiennes (Rev. gén. de Botanique, Vol. II, 1890, p. 7). — [Ref.: B. C. Bl., XLII, 1890, 82.]

254. **Jumelle H.,** Influence comparée des anaesthétiques sur l'assimilation et la transpiration chlorophylliennes (Compt.-rend. de l'Acad. des Sc. Paris, Vol. CXI, 1890, II, p. 461). — [Ref.: B. J., XVIII (1890), 6. — B. C. Bl., Beiheft, 1891, 35.]

255. **Jumelle H.,** Influence des anaesthétiques sur la transpiration des végétaux (Rev. gén. de Botanique, Vol. II, 1890, p. 417). — [Ref.: B. J., XVIII (1890), 6.]

256. **Klebahn H.,** Die Transpiration der Pflanzen („Humboldt", 1890, S. 186). — [Ref.: B. J., XVIII (1890), 6.]

257. **Leist K.,** Ueber den Einfluss des alpinen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter (Mitth. d. naturf. Gesellsch. in Bern, 1890, S. 159). — [Ref.: B. C. Bl., XLII, 1890, 118.]

258. **Mac Millan C.,** Anaesthetics and transpiration (The Bot. Gazette, 1890, p. 28).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



259. **Palladin W.,** Transpiration als Ursache der Formänderung etiolirter Pflanzen (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. VIII, 1890, S. 364). — [Ref.: B. J., XVIII (1890), 16.]

260. **Schimper A. F. W.,** Ueber Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration, besonders in der Flora Javas (Monatsber. d. kgl. preuss. Akad. der Wissensch. in Berlin, Bd. XL, 1890, S. 1045). — [Ref.: B. C. Bl., XLV, 1891, 53. — B. J., XVIII (1890), 29.]

261. **Verschaffelt Ed.** en **Jul.,** De transpiratie der planten in Koolzuurvrije lucht (Botanisch Jaarboek uitgegeven door het kruidkundig genootschap „Dodonaea" te Gent, II. Jaarg., 1890, p. 305). — [Ref.: B. J., XVIII (1890), 6. — B. C. Bl., XLII, 1890, 373.]

262. **Wiesner J.,** Ueber das Saftperiderm (Oesterr. botan. Zeitschr., Bd. XL, 1890, S. 107). — [Ref.: B. J., XVIII (1890), 621. — B. C. Bl., XLIV, 1890, 87.]

263. **Aloi A.,** Relazioni esistenti tra la traspiratione delle piante terrestri ed il movimento delle cellule stomatiche. Ricerche originali. (Catania, Rizzo, 1891.) — [Ref.: B. C. Bl., Beiheft, 1892, 107.]

264. **Aloi A.,** Sulla traspiratione cuticolare e stomatica delle piante terrestri. (Catania, Rizzo, 1891.)

265. **Bessey E.** and **Woods A.,** Transpiration, or the loss of water from plants (Proc. of the American Assoc. for the advancement of science, read 1891; Salem [Mass.], Vol. XL, 1892, p. 305). — [Ref.: B. J., XIX (1891), 1.]

266. **Jumelle H.,** Nouvelles recherches sur l'assimilation et la transpiration chlorophylliennes (Rev. gén. de Botanique, Vol. III, 1891, p. 241). — [Ref.: B. C. Bl., XLIX, 1892, 139.]

267. **Ráthay E.,** Ueber eine merkwürdige, durch den Blitz an *Vitis vinifera* hervorgerufene Erscheinung (Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. LVIII, 1891).

268. **Rennoux C. G.,** Théorie nouvelle du phénomène de la rosée, ou rôle de la transpiration végétale dans la production de la rosée (Rev. scientifique du Bourbonnais et du centre de la France, 1891).

269. **Aubert M.,** Recherches physiologiques sur les plantes grasses. I. Acides organiques, turgescence et transpiration des plantes grasses. (Paris, Masson, 1892.)

270. **Aubert M.,** Recherches sur la turgescence et la transpiration des plantes grasses (Ann. sc. nat. Bot., Sér. 7, Vol. XVI, 1892, p. 1). — [Ref.: B. J., XXI (1893), 14.]

271. **Böhm J.,** Transpiration gebrühter Sprosse (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. X, 1892, S. 622). — [Ref.: B. J., XX (1892), 85. — B. C. Bl., Beiheft, 1893, 195.]

272. **Curtel G.,** Recherches sur les variations de la transpiration de la fleur pendant son développement (Compt.-rend. de l'Acad. des Sc. Paris, Vol. CXIV, 1892, p. 847). — [Ref.: B. Z., LI, 1893, 36. — B. C. Bl., LI, 1892, 159.]

273. **Géneau de Lamartière L.,** Sur la respiration, la transpiration et le poids sec des feuilles dévéloppées au soleil et à l'ombre (Compt.-rend. de l'Acad.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



des Sc. Paris, Vol. CXV, 1892, p. 521). — [Ref.: B. Z., LI, 1893, 130. — B. J., XX (1892), 96; XXI (1893), 26. — B. C. Bl., LIII, 1893, 148.]

274. **Géneau de Lamartière L.,** Recherches physiologiques sur les feuilles développées à l'ombre et au soleil. VI. Transpiration (Rev. gén. de Botanique, Vol. IV, 1892, p. 529). — [Ref.: B. C. Bl., LIV, 1893, 19.]

275. **Haberlandt G.,** Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt (Sitzungsber. der kais. Akad. der Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. CI, 1892, S. 785). — [Ref.: B. J., XX (1892), 85. — B. C. Bl., LIV, 1893, 170.]

276. **Müller H.,** Die Transpirationsgrösse der Pflanzen als Massstab ihrer Anbaufähigkeit (Mittheil. der Thurgauischen naturforsch. Gesellsch., Frauenfeld, 1892). — [Ref.: B. J., XX (1892), 86. — B. C. Bl., LIV, 1893, 347.]

277. **Prunet A.,** Sur les modifications de l'absorption et de la transpiration qui surviennent dans les plantes atteintes par la gelée (Compt.-rend. de l'Acad. des Sc. Paris, Vol. CXV, 1892, p. 964). — [Ref.: B. Z., LI, 1893, 198. — B. J., XXI (1893), 15. — B. C. Bl., Beiheft, 1893, 195.]

278. **Wagner A.,** Zur Kenntniss des Blattbaues der Alpenpflanzen und dessen biologischer Bedeutung (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. CI, 1892, S. 487). — [B. C. Bl., LI, 1892, 141.]

279. **Wieler A.,** Das Bluten der Pflanzen (Beitr. zur Biologie der Pflanzen, herausg. von Cohn, Bd. VI, 1892, S. 1). — [Ref.: B. J., XX (1892), 84. — B. C. Bl., LV, 1893, 178.]

280. **Wiesbauer J.,** Schutz der Pflanzen gegen übermässige Verdunstung („Natur und Offenbarung", Bd. XXXVIII, Münster, 1892, S. 227). — [Ref.: B. J., XX (1892) 86.]

281. **Zoebl A.** und **Mikosch C.,** Die Functionen der Grannen der Gerstenähre (Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. CI, 1892, S. 1033). — [Ref.: B. J., XX (1892), 86. — B. C. Bl., LIV, 1893, 240.]

282. **Coupin H.,** Sur la dessication naturelle des graines (Compt.-rend. de l'Acad. des Sc. Paris, Vol. CXVII, 1893, II, p. 1111). — [Ref.: B. Z., LIII, 1895, 112. — B. J., XXII (1894), 220.]

283. **Daniel L.,** De la transpiration dans la greffe herbacée (Compt.-rend. de l'Acad. des Sc. Paris, Vol. CXVI, 1893, I, p. 763). — [Ref.: B. Z., LII, 1894, 37. — B. J., XXI (1893), 48. — B. C. Bl., LV, 1893, 206.]

284. **Schneider A.,** Influence of anaesthetics on plant transpiration (The Bot. Gazette, Vol. XVIII, 1893, p. 56). — [Ref.: B. J., XXI (1893), 15.]

285. **Stahl E.,** Regenfall und Blattgestalt (Ann. du jardin bot. de Buitenzorg, Vol. XI, 1893, p. 98). — [Ref.: B. J., XXI (1893), 49. — B. C. Bl., LV, 1893, 209.]

286. **Woods A.,** Some recent investigations on the evaporation of water from plants (The Bot. Gazette, Vol. XVIII, 1893, p. 304). — [Ref.: B. J., XXI (1893), 15.]

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



287. **Altenkirch G.,** Beiträge über die Verdunstungs-Schutzeinrichtungen in der trockenen Geröllflora Sachsens (Engler, Botan. Jahrb., Vol. XVIII, 1894, S. 354). — [Ref.: B. J., XXII (1894), 250.]

288. **Haberlandt G.,** Ueber Wasser ausscheidende und absorbirende Organe des tropischen Laubblattes (Ber. d. 66. Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte in Wien, 1894). — [Ref.: B. J., XXII (1894), 456. — B. C. Bl., LX, 1894, 166.]

289. **Haberlandt G.,** Ueber Bau und Function der Hydathoden (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XII, 1894, S. 367). — [Ref.: B. J., XXII (1894), 470. — B. C. Bl., LXIV, 1895, 344.]

290. **Haberlandt G.,** Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. II. Ueber Wasser secernirende und absorbirende Organe (I. Abth.) (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. CIII, 1894, S. 489). — [Ref.: B. J., XXII (1894), 470; XXIII (1895), 95. — B. C. Bl., LXV, 27.]

291. **Lesage P.,** Études sur les variations des palissades dans les feuilles. — Concordance entre une augmentation du tissu palissadique et un excès de transpiration etc. (Bull. Soc. scientifique et médicale de l'Ouest, Rennes, Vol. III, 1894, p. 89).

292. **Lesage P.,** Sur les rapports des palissades dans les feuilles avec la transpiration (Compt.-rend. de l'Acad. des Sc. Paris, Vol. CXVIII, 1894, p. 255). — [Ref.: B. Z., LIII, 1895, 139. — B. J., XXII (1894), 220. — B. C. Bl., LX, 1894, 344.]

293. **Stahl E.,** Einige Versuche über Transpiration und Assimilation (Botan. Zeitung, Bd. LII, 1894, S. 117). — [Ref.: B. J., XXII (1894), 219. — B. C. Bl., LXII, 1895, 171.]

294. **Wollny E.,** Untersuchungen über den Einfluss der Lichtfarbe auf das Productionsvermögen und die Transpiration der Pflanzen (Forsch. a. d. Gebiete der Agriculturphysik, Bd. XVII, 1894, S. 317). — [Ref.: B. J., XXII (1894), 229. — B. C. Bl., LX, 1894, 216.]

295. **Aloi A.,** Influenza dell' umidità del suolo sulla traspiratione delle piante terrestri (Atti dell' acad. Givenia di science nat. Catania, Ser. 4, Vol. VII, 1894). — [Ref.: B. J., XXIII (1895), 34.]

296. **Aloi A.,** Influenza dell' umidità del suole sul movimento delle cellule stomatiche (Il naturalista siciliano, Vol. XIV, Palermo, 1894—1895). — [Ref.: B. C. Bl., XXIII (1895), 34.]

297. **Ebert O.,** Einwirkung innerer und äusserer Bedingungen auf die Transpiration der Pflanzen („Prometheus", Bd. VI, 1895, S. 70). — [Ref.: B. J., XXIII (1895), 12.]

298. **Ebert O.,** Die Transpiration der Pflanzen („Prometheus", Bd. VI, 1895, S. 513.)

299. **Haberlandt G.,** Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. II. Ueber Wasser secernirende und absorbirende Organe (II. Abth.) (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Cl., Bd. CIV, 1895, S. 55). — [Ref.: B. J., XX (1894), 470.]

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



300. **Kröber E.,** Ist die Transpirationsgrösse der Pflanzen ein Masstab für ihre Anbaufähigkeit? (Landw. Jahrb., Bd. XXIV, 1895, S. 503.) — [Ref.: B. C. Bl., Beiheft, 1896, 330.]

301. **Nestler A.,** Kritische Untersuchungen über die sogenannten Wasserspalten (Abh. d. kais. Leopold.-Carol. Akad. d. Naturf., Bd. LXIV, 1895, S. 139). — [Ref.: B. C. Bl., LXIII, 1895, 75.]

302. **Poljanec L.,** Ueber die Transpiration der Kartoffel (Oesterr. botan. Zeitschr., Bd. XLV, 1895, S. 369). — [Ref.: B. J., XXIII (1895), 12. — B. C. Bl., LXV, 1896, 390.]

303. **Roth E.,** Ueber einige Schutzeinrichtungen der Pflanzen gegen übermässige Verdunstung (Sammlg. Vorträge von R. Virchow und W. Wattenbach. N. F., 10. Ser., 218. Heft, Hamburg, 1895). — [Ref.: B. C. Bl., Beiheft, 1896, 256.]

304. **Stahl E.,** Ueber die Bedeutung des Pflanzenschlafes (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XIII, 1895, S. 182). — [Ref.: B. J., XXIII, 1895, 27. — B. C. Bl., LXVI, 1896, 63.]

305. **Stenström K. O. E.,** Ueber das Vorkommen derselben Arten in verschiedenen Klimaten, an verschiedenen Standorten, mit besonderer Berücksichtigung der xerophil ausgebildeten Pflanzen (Flora, Bd. LXXX, 1895, S. 117). — [Ref.: B. J., XXIII (1895), 33. — B. C. Bl., LXIV, Beiheft, 1895, 350.]

306. **Woods A.,** Recording apparatus for the study of transpiration of plants (The Bot. Gazette, Vol. XX, 1895, p. 473). — [Ref.: B. J., XXIII (1895), 12.]

307. **Borzi A.,** Aparechi indrofori di alcune xerofile della flora mediterranea (N. Giornale Bot. Ital., Vol. III, 1896, p. 80). — [Ref.: B. J., XXIV (1896), 57.]

308. **Ebert O.,** Die Transpiration der Pflanzen als Massstab ihrer Anbaufähigkeit („Prometheus", Bd. VII, 1896, S. 746).

309. **Nestler A.,** Untersuchungen über die Ausscheidung von Wassertropfen an den Blättern (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, math.-naturw. Cl., Bd. CV, 1896, S. 521). — [Ref.: B. J., XXIV (1896), 57. — B. C. Bl., LXIX, 1897, 243.]

310. **Nestler A.,** Ueber das Ausscheiden von tropfbar flüssigem Wasser an Blättern (Ber. der botan. Sect. der 68. Vers. deutsch. Naturf. und Aerzte, Frankfurt a. M., 1896). — [Ref.: B. J., XXIV (1896), 58. — B. C. Bl., LXVIII, 1896, 170.]

311. **Schellenberg H. C.,** Beiträge zur Kenntniss vom Bau und Functionen der Spaltöffnungen (Botan. Zeitg., Bd. LIV, 1896, S. 170). — [Ref.: B. J., XXIV (1896), 66. — B. C. Bl., LXXI, 1897, 68.]

312. **Schostakowitsch W. B.,** Ueber die Schutzanpassungen der Knospen sibirischer Baum- und Straucharten (Mittheil. der ostsibir. Abth. d. russisch. Geogr. Gesellsch., Bd. XXVI, Irkutsk, 1896). — [Ref.: B. C. Bl., Bd. LXX, 1897, 208.]

313. **Woods A.,** Researches on transpiration and assimilation (The Bot. Gazette, Vol. XXI, 1896, p. 26).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



314. **Areschoug F. W. C.,** Ueber die physiologischen Leistungen und die Entwicklung des Grundgewebes des Blattes. Lund, 1897. — [Ref.: B. J., XXV (1897), 448.]

315. **Burgerstein A.,** Ueber die Transpirationsgrösse von Pflanzen feuchter Tropengebiete (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XV, 1897, S. 154). — [Ref.: B. Z., LVI, 1898, 101. — B. J., XXV (1897), 77. — B. C. Bl., LXXII, 1897, 178.]

316. **Dixon H.,** Note of the rôle of osmosis in transpiration (Read before the R. Irish Acad. 1896; Proceed. R. I. A. Dublin, Ser. 3, Vol. III, p. 767; ferner in Notes from the Botan. school of Trinity Coll. Dublin, 1897, p. 35). — [Ref.: B. Z., LIV, 1896, 284. — B. J., XXIV (1896), 57. — B. C. Bl., Beiheft, 1897, 421.]

317. **Dixon H.,** On the osmotic pressure in the cells of leaves (Read before the R. Irish Acad. Dublin, 1896; Proceed. R. I. A. Dublin, Ser. 4, Vol. III, p. 61; ferner in Notes from the Botan. school of Trinity Coll. Dublin, 1897). — [Ref.: B. J., XXV (1897), 78.]

318. **Giltay E.,** Vergleichende Studien über die Stärke der Transpiration in den Tropen und im mitteleuropäischen Klima (Jahrb. f. wissensch. Botan., Bd. XXX, 1897, S. 615). — [Ref.: B. Z., LVI, 1898, 101. — B. J., XXV (1897), 76. — B. C. Bl., LXXIV, 1898, 212.]

319. **Goebel K.,** Laboratoriumsnotizen (Flora, Bd. LXXXIII, 1897, S. 75). — [Ref.: B. J., XXV (1897), 76.]

320. **Goebel K.,** Ueber die biologische Bedeutung der Blatthöhlen von *Tozzia* und *Lathraea* (Flora, Bd. LXXXIII, 1887, S. 444). — [Ref.: B. Z., LVI, 1898, 97. — B. J., XXV (1897), 76.]

321. **Haberlandt G.,** Zur Kenntniss der Hydathoden (Jahrb. f. wissensch. Botan., Bd. XXX, 1897, S. 511). — [Ref.: B. Z., LVI, 1898, 97. — B. C. Bl., LXXI (1897), 278.]

322. **Koorders S. H.,** Ueber die Blüthenknospen-Hydathoden einiger tropischer Pflanzen (Inaug.-Diss., Bonn; E. J. Brill, Leyden, 1897). — [Ref.: B. Z., LV, 1897, 261. — B. C. Bl., LXXII, 1897, 36.]

323. **Mac Dougal D. T.,** A convenient potometer (The Bot. Gazette, Vol. XXIV, 1897, p. 110). — [Ref.: B. J., XXV (1897), 79.]

324. **Nestler A.,** Die Ausscheidung von Wassertropfen an den Blättern der Malvaceen und anderer Familien (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, math.-naturw. Cl., Bd. CVI, 1897, S. 387). — [Ref.: B. J., XXV (1897), 76. — B. C. Bl., LIX, 1897, 243.]

325. **Rosenberg O.,** Ueber die Transpiration der Halophyten (Øfversigt af kongl. Vetenskaps Akad. Förhandl., Stockholm, 1897, p. 531). — [Ref.: B. Z., LVI, 1898, 327. — B. J., XXV (1897), 103. — B. C. Bl., LXXV, 1898, 241.]

326. **Wiesner J.,** Untersuchungen über die mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanze (Ann. du jard. bot. de Buitenzorg, Vol. XIV, 1897, p. 277). — [Ref.: B. J., XXV (1897), 106. — B. C. Bl., LXX, 1897, 364.]

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



327. **Bessey Ch.,** Some considerations upon the functions of stomata (Science, N. ser., Vol. VII, 1898, p. 13).

328. **Copeland E.,** A new self registering transpiration machine (The Bot. Gazette, Vol. XXVI, Chicago, 1898, II, p. 343). — [Ref.: B. J., XXVI (1898), 572.]

329. **Darwin Fr.,** Observations on stomata by a new method (Proc. of the Cambridge Philos. society, Vol. IX, 1898, p. 303). — [Ref.: B. C. Bl., LXXVII, 1899, 30.]

330. **Dixon H.,** On the effects of stimulative and anaesthetic gases on transpiration (Read before the R. Irish Acad., 1898; Proceed. R. I. A. Dublin, Ser. 3, Vol. IV, p. 618; ferner in Notes from the Botan. school of Trinity Coll. Dublin, Nr. 3, 1898, p. 97). — [Ref.: B. J., XXV (1897), 78. — B. C. Bl., LXXVI, 1898, 135.]

331. **Dixon H.,** Transpiration into a saturated atmosphere (Proceed. R. I. A. Dublin, Ser. 3, Vol. IV, p. 627; ferner in Notes from the Botan. school of Trinity Coll. Dublin, Nr. 3, 1898, p. 106). — [Ref.: B. J., XXV (1897), 78. — B. C. Bl., LXXVI, 1898, 135.]

332. **Giltay E.,** Die Transpiration in den Tropen und in Mitteleuropa, II (Jahrb. f. wissensch. Botan., Bd. XXXII, 1898, S. 477). — [Ref.: B. Z., LVII, 1899, 232. — B. J., XXVI (1898), 571.]

333. **Haberlandt G.,** Ueber die Grösse der Transpiration im feuchten Tropenklima (Pringsh., Jahrb. f. wissensch. Botan., Bd. XXXI, 1898, S. 273). — [Ref.: B. Z., LVI, 1898, 102. — B. C. Bl., LXXIV, 1898, 213.]

334. **Haberlandt G.,** Bemerkungen zur Abhandlung von Otto Spanjer: „Untersuchungen über die Wasserapparate der Gefässpflanzen" (B. Z., Bd. LVI, 1898, S. 177).

334 a. **Haberlandt G.,** „Erwiderung" (ebenda, S. 315).

335. **Leavitt R.,** A psychrometer applicable to the study of transpiration (Americ. Journ. of Sc., Ser. 4, Vol. V, New Haven, 1898, p. 440). — [Ref.: B. J., XXVI (1898), 572.]

336. **Meyer Arthur,** Kritische Besprechungen von G. Haberlandt's Bemerkungen zur Abhandlung von Otto Spanjer (B. Z., Bd. LVI, 1898, S. 241).

337. **Spanjer O.,** Untersuchungen über die Wasserapparate der Gefässpflanzen (B. Z., Bd. LVI, 1898, S. 35).

338. **Weinrowsky P.,** Untersuchungen über die Scheitelöffnungen bei Wasserpflanzen (Fünfstück, Beitr. zur wissensch. Botanik, 1898). — [Ref.: B. J., XXVI (1898), 574.]

339. **Wollny E.,** Untersuchungen über die Verdunstung und das Productionsvermögen der Culturpflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft (Wollny, Forsch. a. d. Gebiete der Agriculturphysik, Bd. XX, 1898, S. 528). — [Ref.: B. J., XXVI (1898), 604.]

340. **Ferruzza G.,** Sulla traspiratione di alcune „Palme e succolenti". Ricerche sperimentali (Contribuzioni alla Biologia vegetale, Vol. II, Fasc. 3, 1899, p. 211).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



341. **Haberlandt G.**, „Erwiderung" (contra Giltay) (Pringsh., Jahrb. f. wissensch. Botan., Bd. XXXIII, 1899, S. 166). — [Ref.: B. Z., LVII, 1899, 232. — B. J., XXVI (1899), 572.]
342. **Kusano S.**, Studien über die Transpiration immergrüner Bäume im Winter in Mitteljapan (Arb. des Botan. Instit. der kais. Akad. Tokio). — [Ref.: B. C. Bl., LXXX, 1899, 171.]
343. **Minden M.**, Beiträge zur anatomischen und physiologischen Kenntniss Wasser secernirender Organe (Biblioth. Botan., herausg. von Luerssen und Frank, Heft 46, 1899). — [Ref.: B. Z., LVII, 1899, 232.]
344. **Nabokich A.**, Ueber die Function der Luftwurzeln (Botan. Centralbl. von Uhlworm, Bd. LXXX, 1899, S. 331). — [Ref.: B. Z., LVIII, 1900, 105.]
345. **Nestler A.**, Zur Kenntniss der Wasserausscheidung an den Blättern von *Phaseolus multiflorus* und *Boehmeria* (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, math.-naturw. Cl., Bd. CVIII, 1899, S. 690). — [Ref.: B. Z., LVIII, 1900, 191.]
346. **Nestler A.**, Die Secrettropfen an den Laubblättern von *Phaseolus multiflorus* und der Malvaceen (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XVII, 1899, S. 332). — [Ref.: B. Z., LVIII, 1900, 191. — B. C. Bl., LXXXII, 1900, 177.]
347. **Giltay E.**, Die Transpiration in den Tropen und in Mitteleuropa, III. (Pringsh., Jahrb. f. wissensch. Botan., Bd. XXXIV, 1900, S. 405.)
348. **Giltay E.**, Nochmals über Transpiration in den Tropen und in Mitteleuropa (Botan. Centralbl., Beiheft IX, 1900).
349. **Keller R.**, Die Wasserverdunstung der Pflanzen (Mittheil. d. naturf. Gesellsch. in Winterthur, II, 1900).
350. **Maxwell W.**, Bodenausdunstung und Pflanzentranspiration (Landw. Vers.-Stat. v. Nobbe, Bd. LI, 1900). — [Ref.: B. C. Bl., Beiheft IX 1900, 175.]
351. **Rosenberg O.**, Ueber die Transpiration mehrjähriger Blätter (Meddelanden fram Stockholms Högskola, Nr. 201. Øftversigt af kongl. Svenska Akad. Förhandl., 1900).
352. **Keeble F. W.**, The hanging foliage of certain tropical trees (Annal. of Botany, Vol. IX, 1895, p. 59). — [Ref.: B. J., XXIII (1895), 31.]
353. **Kny L.**, Ueber die Aufnahme tropfbar-flüssigen Wassers durch winterlich entlaubte Zweige von Holzgewächsen (Ber. Deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XIII, 1895, S. 361). — [Ref.: B. J., XXIII (1895), 11. — B. C. Bl., LXVI, 1896, 125.]
354. **Anderson Al. P.**, On a new registering balance (Minnesota Botanical studies, Vol. I, 1894—1898).

## II. Methode der Untersuchung.

In meinen „Materialien" (II. Theil) habe ich betont, dass die einfachste und beste Methode, die Transpirationsgrösse zahlenmässig festzustellen, die der directen Wägung ist, und dass es — insbesondere bei Versuchen mit abgeschnittenen Pflanzentheilen — nicht angeht, die Menge des aufgenommenen

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Wassers für die des abgegebenen zu substituiren. Dies hat neuerdings Kröber [300] bestätigt. Derselbe ermittelte für beblätterte Zweige von *Asclepias incarnata* einerseits die durch die Schnittfläche aufgenommene, andererseits die durch die transpirirenden Theile abgegebene Wassermenge innerhalb $2^1/_2$ Tagen. Die Wägungen fanden sechsmal in je 24 Stunden statt. Aus der von Kröber mitgetheilten Tabelle lassen sich folgende Zahlenwerthe (in $cm^3$) berechnen:

| | Absorption | Transpiration | |
|---|---|---|---|
| $9^h$ 15 a. m. bis $6^h$ 25 p. m. | 11·30 | 12·80 | + 1·5, |
| $6^h$ 25 p. m. „ $9^h$ 50 a. m. | 8·05 | 6·48 | — 1·57, |
| $9^h$ 50 a. m. „ $7^h$ 5 p. m. | 11·30 | 11·80 | + 0·5, |
| $7^h$ 5 p. m. „ $7^h$ 25 a. m. | 7·67 | 5·21 | — 2·46. |

Man sieht, dass zwischen dem Gang der Absorption und dem der Transpiration keine Parallelität besteht, sondern dass bei Tage die Wasserabgabe die Wasseraufnahme überwiegt, während bei der Nacht mehr Wasser aufgenommen als abgegeben wurde.

Ich habe dieses Versuchsergebniss mit Rücksicht auf eine von Müller-(Thurgau) [276] geäusserte irrige Ansicht angeführt.

Behufs Ermittlung der Empfindlichkeit verschiedener Obstbaumsorten gegen Trockenheit befestigte der genannte Forscher (Müller) abgeschnittene Zweige von Birn- und Apfelsorten an dem kürzeren Schenkel einer U-förmig gebogenen, mit Wasser gefüllten Glasröhre. „Um möglichst exacte Resultate zu erzielen", stand das obere Ende des langen Schenkels mit einem mit Wasser gefüllten Erlenmayer'schen Glaskolben in Verbindung, so dass es möglich wurde, den Wasserstand im langen Schenkel während der ganzen Versuchsdauer auf gleicher Höhe zu erhalten. Wenn aber Müller-(Thurgau) bemerkt: „Die Gewichtsabnahme der Wasserflasche (des Glaskolbens) gibt genau die Menge des in der betreffenden Zeit durch die Blätter verdunsteten Wassers an", so ist das ein Irrthum, denn thatsächlich konnte durch diese Versuchsanstellung sehr genau die Menge des durch die Schnittfläche der Zweige aufgenommenen (zum Theile eingepressten) Wassers, aber keineswegs genau die Menge des von den transpirirenden Theilen abgegebenen Wassers erhalten werden. Auch Curtel [253] spricht bei Mittheilung seiner Versuche (vgl. Cap. VIII) immer von „transpiration", obwohl er die Wasseraufnahme gemessen hat.

Was die Verwendung abgeschnittener Zweige oder einzelner abgetrennter Blätter betrifft, so habe ich schon in meinen „Materialien" (II. Th., S. 405) darauf hingewiesen, dass man nur dann befriedigende Resultate erhalten kann, wenn es sich um relative Werthe handelt und die Versuchsdauer kurz ist, unter Umständen eine Stunde nicht übersteigt. Als Beleg führe ich aus der neueren Literatur an: Nach Beobachtungen von Wiesner [cit. 315] betrug bei einer bewurzelten *Ficus elastica*-Pflanze die durchschnittlich stündige Wasserabgabe in sechs aufeinander folgenden Tagen in Milligramm: 97, 93, 111, 86, 98, 85. Dagegen betrug der durchschnittlich stündliche Wasserverlust eines abgeschnittenen und mit der Schnittfläche in Wasser stehenden *Ficus*-Blattes: 39, 32, 25, 22, 20

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



19 *mg*. Bei Versuchen, die ich [315] mit *Aucuba japonica* ausführte, betrug die 24stündige Transpiration einer normalen, eingetopften Pflanze in sechs aufeinander folgenden Tagen pro 100 $cm^2$ Blattspreitenoberfläche: 482, 520, 524, 610, 585, 601 *mg*. Dem gegenüber verlor ein mit der Schnittfläche in Wasser stehendes Blatt: 304, 215, 144, 65, 62, 51 *mg*. Die „Transpiration" war also in diesem Falle unter nahezu denselben äusseren Bedingungen am ersten Tage sechsmal so gross als am sechsten.

Ferruzza [340] verglich (mit Hilfe der Stahl'schen Kobaltprobe) die Transpirationsgrösse eines vom Pflanzenstock abgetrennten Blattes mit jener eines Blattes derselben Dimension, das mit der ganzen Pflanze im organischen Zusammenhang war und constatirte unzweifelhaft, dass abgelöste Blätter weniger transpiriren als an der Pflanze befindliche. Richtig bemerkt Ferruzza, dass mit dem Abtrennen eines Blattes in diesem zwar keine anatomische, wohl aber eine physiologische Veränderung eintritt. Ich füge noch bei, dass sobald bei einem abgetrennten Blatte infolge ungenügender Suction der Wassergehalt abnimmt, die Spaltöffnungen sich zu schliessen beginnen.

Giltay [348] verglich die Transpirationsgrösse von Roggenpflanzen, die als Topfpflanzen verwendet wurden, mit solchen, deren Wurzeln nach Herausnahme aus der Topferde und Abspülung der anhaftenden Erdtheilchen in mit Wasser gefüllte Glascylinder tauchten. Töpfe und Glascylinder standen in entsprechend verschlossenen Zinkbehältern. Die Transpiration wurde durch Wägung ermittelt. Fünf Versuchsreihen von der Dauer je einer Woche ergaben, dass die im Boden wurzelnden Pflanzen stärker transpirirten als jene, deren Wurzeln sich im Wasser befanden. Das Transpirationsverhältniss war während des Tages 27 : 13, während der Nacht 19 : 12; die Pflanzen mit Bodenwurzeln blieben während der ganzen Versuchszeit frisch, ihre Wasserabgabe wurde von der Witterung deutlich beeinflusst; auf die Transpiration der Exemplare mit den Wasserwurzeln hatte die Witterung nur geringen Einfluss, die Wasserabgabe nahm von Tag zu Tag ab.

Eine neue Methode, die es gestattet, bei einem Blatte (oder einem anderen Pflanzentheile) rasch festzustellen, ob eine starke oder nur schwache Transpiration vorhanden ist, wie sich die relative Transpirationsgrösse der beiden Blattseiten verhält, und die auch das Geöffnet- und besonders das Geschlossensein der Spaltöffnungen bis zu einem gewissen Grade der Genauigkeit anzeigt, ist Stahl's Kobaltprobe [293]. Streifen schwedischen Filterpapieres werden mit einer 2—5%igen wässerigen Lösung von Kobaltchlorür imbibirt, an der Luft getrocknet und im Exsiccator aufbewahrt, in welchem sie eine intensiv blaue Farbe annehmen. Wird dann ein Streifen auf ein Pflanzenblatt gelegt, rasch mit einem dünnen Glas- oder Glimmerplättchen bedeckt, das man durch kleine Haftklammern festhalten kann, so lässt sich aus der Geschwindigkeit der Verfärbung des Papiers (in lichtrosa) ein Schluss auf die Grösse der Wasserabgabe ziehen.

Stahl's Methode lässt sich, wie ich mich überzeugt habe, bei einiger Uebung — das Kobaltpapier ist nämlich für Feuchtigkeit sehr empfindlich — zur Entscheidung gewisser Transpirationsfragen vortheilhaft verwenden. That-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



sächlich bedienten sich Schellenberg [311], Rosenberg [325, 351] und Ferruzza [340] bei ihren Transpirationsversuchen des Kobaltpapieres.

Woods [306] hat einen selbstregistrirenden, elektromagnetischen Transpirationsapparat construirt, abgebildet und beschrieben.

Mac Dougal [323] ersann ein „Potometer", das eine wesentliche Verbesserung des Kohl'schen Apparates sein soll. Der Erfinder berichtet über eine mit diesem Potometer ausgeführte Versuchsreihe, durch welche die Transpiration eines *Fuchsia*-Zweiges ermittelt wurde.

Francis Darwin [329] verwendete, um aus der Grösse der Wasserabgabe Erfahrungen über den jeweiligen Zustand der Spaltöffnungen zu sammeln, ein eigenes Hygrometer, an welchem eine als Zeiger verwendete Borste auf einer Papierscala die relative Transpirationsgrösse anzeigt. Steht z. B. der Zeiger auf 50°, so ist die Wasserausgabe sehr gross; bei 30° mässig, bei 10° sehr gering.

Leavitt [335] beschrieb ein besonders construirtes Psychrometer, mit Hilfe dessen nach der Methode der Thaupunkt-Bestimmung ein Schluss auf die transpirirte Wasserdampfmenge gezogen werden kann. Als Beispiel führt Leavitt eine Beobachtungsreihe an, die er mit einer jungen (eben die Schlafbewegung ausführenden) Bohnentopfpflanze gemacht hat. Vier Minuten nach Verdunkelung der Pflanze zeigte sich die Verminderung der Transpiration durch Aenderung des Thaupunktes an.

Von Copeland [328] wurde ein selbstregistrirender Transpirationsapparat zusammengestellt und dessen Construction in Wort und Bild veröffentlicht. Um eine fixe Rolle geht eine Schnur, an deren einem Ende das die Versuchspflanze enthaltende (verschlossene) Gefäss, an dem anderen Ende als Gleichgewicht ein Areometer hängt. Die Achse dieser Rolle greift in die einer zweiten, an deren Umfang an einer Schnur ein horizontal stehender Zeiger befestigt ist, der einen um seine Achse drehbaren, an der Oberfläche berussten Cylinder berührt.

Anderson [354] hat eine selbstregistrirende, durch Elektromagnetismus automatisch arbeitende Transpirationswage componirt. Die evaporirte Wassermenge wird durch Chlorcalcium absorbirt, dessen Gewichtszuwachs die Wage und mit dieser den Registrirapparat in Bewegung setzt. Die genaue Beschreibung und Abbildung wolle im Originale nachgesehen werden.

Von Pfeffer (Pflanzenphysiologie, II. Aufl., Bd. I, S. 224) wird ein Transpirationsapparat von Marey citirt (Méthode graphique, 1878, p. 161). Die Beschreibung desselben konnte ich leider im Originaltexte nicht einsehen.

Im Wiener pflanzenphysiologischen Universitätsinstitut befindet sich eine selbstregistrirend eingerichtete Transpirationswage von Richard frères in Paris. Es ist im Wesentlichen eine Balancewage; auf die Wagschale *A* kommt die Versuchspflanze und wird auf der Wagschale *B* durch Gewichte äquilibrirt. Hebt sich infolge Wasserabgabe der Pflanze die Schale *A*, so sinkt gleichzeitig die Schale *B*. Durch eine mit dieser verbundenen Hebelvorrichtung bewegt sich ein horizontaler Zeiger, der einen um seine Längsachse (mittelst eines Uhrwerkes) rotirenden Messingcylinder tangirt; um die Peripherie des letzteren wird ein carrirtes Papier, wie es z. B. bei Thermographen benützt wird, befestigt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



## III. Intercellulare und epidermoidale Transpiration.

Die genannten Ausdrücke rühren von Wiesner her; sie sind jedenfalls bezeichnender und correcter als die Hoehnel'schen Bezeichnungen: „stomatäre" und „cuticuläre" Transpiration (vgl. hierüber diese „Materialien", II. Theil, S. 401).

Aloi [264] unterscheidet zwischen „Transpiration" und „Exhalition". Die erstere ist die Wasserabgabe durch die Stomata lebender Pflanzentheile und eine physiologische Function; die Exhalition dagegen ist ein physikalischer Process; zu ihr gehört nach Aloi die cuticulare Verdunstung, sowie auch die Wasserabgabe todter Pflanzentheile. Nach Aloi kann man also nur von einer stomatären Transpiration und einer cuticularen Exhalition sprechen. Diese Unterscheidung ist aber schon deshalb nicht möglich, weil auch bei lebenden Pflanzentheilen von einer „cuticularen", respective epidermoidalen Transpiration gesprochen werden muss, die nach Schellenberg [311] bei Blättern, welche keine oder nur wenige functionirende Spaltöffnungen haben, nicht so gering ist, als man gewöhnlich annimmt.

Zahlreiche Beobachtungen über den Zustand der Spaltöffnungen unter bestimmten Verhältnissen und damit indirect über intercellulare Transpiration wurden von Stahl [293] mittelst der Kobaltprobe gemacht. Wir möchten die folgenden Ergebnisse hervorheben: Bei Landpflanzen, die keinen Wassermangel leiden, tritt die epidermoidale Transpiration gegenüber der intercellularen (stomatären) vollständig in den Hintergrund. Bei hypostomatischen Blättern wird bei günstigen Transpirationsbedingungen das Kobaltpapier an der Blattunterseite schon nach wenigen Secunden verfärbt, das der Oberseite anliegende Papier oft erst nach Stunden. Blätter mit nicht verschliessbaren Spaltöffnungen röthen bis zum völligen Eintrocknen rasch das (wiederholt erneuerte) Kobaltpapier. Bei *Tradescantia, Pharbitis, Pelargonium, Tropaeolum* etc. schliessen sich die Spalten in dunstgesättigtem Raume nicht, wenn auch der Wasserverlust der Blätter zu deren Erschlaffung führt. Sobald aber die welken Blätter in trockene Luft gebracht werden, sind die Spaltöffnungen in kurzer Zeit geschlossen. Da die Spaltöffnungen sich am weitesten bei Besonnung und grosser Luftfeuchtigkeit öffnen, so ergibt sich daraus das paradox klingende Resultat, dass ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Wasserdampfabgabe von Pflanzen unter Umständen begünstigen kann. Diese Bedingungen finden sich besonders im feucht-warmen Tropengebiete. Dies stimmt auch mit den von Wiesner [127] aufgefundenen Beziehungen zwischen Licht und Transpiration, nach denen die Transpiration insolirter Pflanzen auch bei hoher Luftfeuchtigkeit bedeutende Werthe erreichen kann. Uebereinstimmend mit den Beobachtungen von Leitgeb und Schwendener, nach denen bei den Blättern zahlreicher wintergrüner Gewächse die Stomata im Winter geschlossen sind, ergab die Kobaltprobe den völligen Verschluss der Stomata bei *Taxus, Buxus, Mahonia, Hedera.* Betreffs der im Herbste sich verfärbenden Blätter zeigten Kobaltprobe und Mikroskop, dass an den gelben und rothen Blättern, respective Blattstellen die Spaltöffnungen geschlossen, an den grünen hingegen offen waren.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Aloi [295] und Ferruzza [340] bestätigten die Beobachtung von Leitgeb, dass die Transpirationssteigerung im Lichte mit der Erweiterung der Spaltöffnungen correspondirt, dass sich aber im Lichte die Spalten nur dann öffnen, wenn die Pflanze genügende Bodenfeuchtigkeit findet.

Bereits Garreau [38] und Unger [64] hatten festgestellt, dass zwischen der relativen Transpirationsgrösse und der Spaltöffnungszahl beider Blattseiten keine Proportionalität besteht. Dasselbe fanden Rosenberg [325] bezüglich der Halophyten (Kobaltmethode) und Ferruzza [340] bezüglich verschiedener Succulenten und Palmen.

Francis Darwin [329] construirte ein (schon erwähntes) Hygrometer, mittelst dessen er aus dem Grade der Feuchtigkeitsabgabe seitens der Blätter auf den Zustand ihrer Spaltöffnungen schliessen konnte. Er fand unter Anderem, dass bei typischen Landpflanzen ein gewisser Grad des nächtlichen Verschlusses allgemein, bei Wasser- und Sumpfpflanzen dagegen nicht vorhanden ist. Die Beobachtung von Schellenberg, dass in $CO_2$-freier Luft die Stomata geschlossen bleiben, vermochte Darwin nicht zu bestätigen, wohl aber war die von Stahl [293], später auch von Schellenberg [311] constatirte Thatsache, dass sich an einem abgeschnittenen Blatte, sobald es zu welken beginnt, die Stomata schliessen, auch mit dem Hygroskop nachweisbar.

Die Bedeutung der Transpiration für den Transport der Nährsalze wird meines Wissens nur von drei Autoren nicht anerkannt. Auf die Behauptung von Reinitzer [187], dass die Transpiration ein „nothwendiges Uebel" und für die Pflanze „ganz und gar werthlos ist", habe ich, ebenso wie auf die Lehre Haberlandt's [275], dass der Transport der Bodennährstoffe durch osmotische Kräfte erfolgt, bereits geantwortet [315]. Das Unlogische der Conclusion von Volkens (Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste, Berlin, 1887), dass, weil die submesen Gewächse nicht zu transpiriren brauchen, es auch unwahrscheinlich sein muss, dass die Transpiration für die anderen Pflanzen eine Lebensbedingung sei, hat Stenström [305] durch ein treffendes Beispiel dargethan.

## IV. Transpiration der Blätter.

### a) Sonnen- und Schattenblätter.

Stahl [246] machte die Beobachtung, dass bei unseren Laubbäumen die Blätter an sonnigen Standorten dicker und kleiner sind als an schattigen. Bei *Sambucus* ist das Sonnenblatt fast doppelt, bei *Fagus* fast dreimal so dick als das Schattenblatt. Ferner fand Stahl mit Anwendung der Methode von Unger [64], dass die Intercellularen bei Sonnenblättern einen kleineren Raum einnehmen als bei Schattenblättern, z. B. bei *Sambucus* 16% gegen 26%, bei *Fagus* 19% gegen 29% des Blattvolums. Die Schattenblätter sind also dünner und reicher an Intercellularen; daraus erklärt Stahl die Beobachtung von Hoehnel [166], dass unter sonst gleichen Bedingungen Schattenblätter viel mehr transpiriren als Sonnenblätter.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Dufour (Ann. sc. nat., Sér. 7, Vol. V, 1887) cultivirte eine Reihe von Pflanzen: *Circaea lutetiana, Faba vulgaris, Lupinus albus, Helianthus lactiflorus, Solidago canadensis* etc. in der Sonne, beziehungsweise im Schatten. Alle Versuche ergaben das übereinstimmende Resultat, dass die Blätter in der Sonne grösser und dicker werden als im Schatten. Zu demselben Resultate gelangte Pick (Botan. Centralbl., Bd. 11, 1882, S. 445): „Die Schattenblätter bleiben gegenüber den insolirten Blättern nach allen Dimensionen in ihrem Wachsthum zurück." Nach Vesque (Ann. sc. nat., Sér. 6, Vol. XII, 1881) bewirkt der combinirte Einfluss von Licht und Trockenheit ein Dickerwerden der Blattspreiten, und nach Bonnier [252] wächst die Blattdicke (im Allgemeinen) mit der Zunahme der Höhe.

Geneau [274] verglich die Stärke der Gewebeausbildung bei Sonnen- und Schattenblättern derselben Pflanzenart oder desselben Individuums. Beispielsweise betrug die Schichtdicke bei *Mirabilis Jalappa* in Theilstrichen des Mikrometers (à 0·005 *mm*): Obere Epidermis, Sonne 7, Schatten 5; Palissadenschichte, S. 27, Sch. 20; Couche dense non palissadique, S. 23, Sch. 0; Schwammparenchym, S. 23, Sch. 16; untere Epidermis, S. 7, Sch. 4; Gesammtdicke des Blattes: Sonne 87, Schatten 45. Analoge Detailbestimmungen wurden auch bei anderen Pflanzenarten gemacht und ein gleichsinniges Resultat erhalten. Das Verhältniss der Blattdicke der Sonnenblätter zu jener der Schattenblätter war bei *Berberis vulgaris* 61 : 39, bei *Quercus pedunculata* 34 : 20, bei *Fagus silvatica* 30 : 15, bei *Taxus baccata* 136 : 92 etc.

Es ergab sich ferner [273], dass die Schattenblätter viel weniger Trockensubstanz enthalten als die Sonnenblätter.

Geneau [274] ermittelte nun, und zwar nach sechs verschiedenen Methoden, die Grösse der Transpiration von in der Sonne, respective im Schatten zur Entwicklung gekommenen Individuen. Zu den Versuchen dienten theils ganze (bewurzelte) Pflanzen, theils abgetrennte Sprosse der oben genannten Arten; ausserdem *Solanum nigrum, Ampelopsis hederacea, Salix rosmarinifolia* u. a. Alle sechs Methoden lieferten das übereinstimmende Resultat, dass unter sonst gleichen Bedingungen und bei Reduction auf gleiche Blattfläche die Sonnenblätter mehr transpirirten als die Schattenblätter.

Die Versuchspflanzen waren belichtet. Um den eventuellen Einfluss der grösseren Chlorophyllmenge der Sonnenblätter auszuschliessen, wurde eine Bestimmung mit *Fagus*-Zweigen gemacht, die während der Versuchszeit im Dunkeln standen. Die Transpiration wurde durch Wägung direct gemessen. Es ergab sich dasselbe Resultat.

Bei einer dritten Serie von Versuchen [273] wurden beblätterte Zweige ohne Trennung von der Mutterpflanze in eine Glasglocke eingeschlossen und die Transpiration durch die Gewichtszunahme einer gewogenen Chlorcalciummenge bestimmt. Das Verhältniss der Transpiration von Sonnen- und Schattenblättern, bezogen auf dieselbe Oberfläche, war z. B. bei *Carpinus* 33 : 23, bei *Fagus* 32 : 24, bei *Taxus* 26 : 9. Es ergab sich also immer dasselbe Resultat, dass — im stricten

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Gegensatze zu Hoehnel — Sonnenblätter unter gleichen äusseren Bedingungen stärker transpiriren als Schattenblätter.

Geneau dehnte seine Experimente auch auf andere physiologische Processe aus. Das Gesammtergebniss war: Die Structur der Sonnenblätter vermehrt die Activität der Transpiration, der Respiration und der Assimilation.

Fassen wir zusammen: Dass die in der Sonne zur Entwicklung kommenden Blätter dicker werden als die im Schatten erwachsenen derselben Pflanze, darin stimmen alle Beobachter überein. Was dagegen die Flächenentwicklung betrifft, so sind nach Stahl die Sonnenblätter kleiner, nach Dufour und Pick grösser als die Schattenblätter.

### b) Ein- und mehrjährige Blätter.

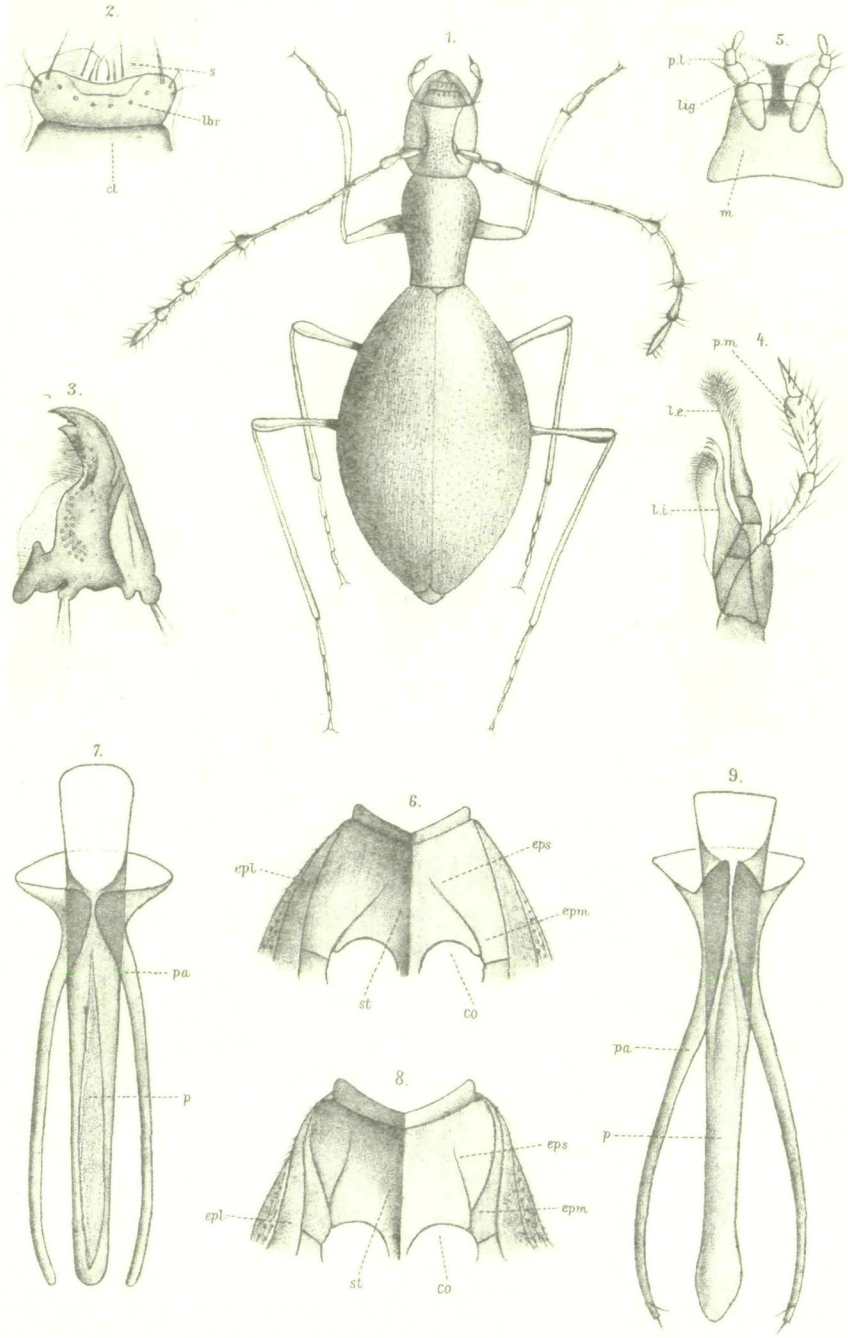
Bei Versuchen, die Rosenberg [351] an abgeschnittenen diesjährigen und vorjährigen Blättern von *Ledum palustre, Andromeda polifolia, Oxycoccos palustris, Vaccinium Vitis Idaea* mit Anwendung der Kobaltprobe ausführte, zeigten die diesjährigen Blätter bald eine bedeutende Abnahme der Wasseremission, während die vorjährigen das Kobaltpapier immer noch verfärbten. Wesentlich dasselbe Resultat ergab sich für *Viburnum Tinus, Pittosporum Tobira, Rhus scoparia,* während die Kobaltprobe bei *Evonymus japonica* und *Laurus nobilis* eine länger andauernde Wasserabgabe der diesjährigen Blätter gegenüber den vorjährigen zeigte. Bei einer an *Viburnum Tinus* gemachten Beobachtung betrug die (durch Wägung ermittelte) Wasserabgabe pro Stunde und 100 $cm^2$ der diesjährigen Blätter 0·038 *g*, die der vorjährigen 0·086 *g*. Rosenberg citirt eine Arbeit von Lalanne (Recherches sur les caractères anatomiques des feuilles persistantes des Dicotylédones, Bordeaux, 1891), aus der hervorgeht, dass mit zunehmendem Alter des Blattes bisweilen bedeutende anatomische Veränderungen vor sich gehen, die nicht ohne Einfluss auf die Transpirationsgrösse sein können.

### c) Grüne und rothe Blätter.

Ráthay [267] machte die interessante Beobachtung, dass roth gewordene Blätter von *Vitis vinifera* viel langsamer Wasser verlieren als grüne Blätter. Eine entgipfelte und geringelte Lotte wurde von der Ringelstelle aus in nahezu zwei gleiche Stücke getheilt, von denen das obere ebenso viele rothe, als das untere grüne Blätter trug. Beide Stücke wurden zwischen Löschpapier eingelegt und in einem ungeheizten Zimmer aufbewahrt. Nach drei Tagen waren die grünen Blätter trocken, die rothen sahen noch recht frisch aus; bei ersteren war der Wassergehalt von 64·5% auf 12·45%, bei letzteren von 63·8 auf 41·46% gesunken. Bei einem zweiten Versuche wurden die Hälften einer ähnlichen Lotte in einem geheizten Zimmer auf einem Tisch frei aufgelegt. Nach drei Tagen war der Wassergehalt der mittlerweile vertrockneten grünen Blätter von 69·22% auf 11·4% gesunken, dagegen jener der rothen Blätter, die ein noch ziemlich frisches Aussehen zeigten, von 65·85% auf nur 44·63%.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at






Jos. Müller del.

Lith. u. Kunstdruckerei v. Th. Bannwarth Wien.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

## Sitzungs-Kalender.

**Section für Zoologie.**

Jeden zweiten Freitag im Monat (6 Uhr).

**Section für Botanik.**

Jeden dritten Freitag im Monat (6 Uhr).

**Section für Kryptogamenkunde.**

Jeden vierten Freitag im Monat (6 Uhr).

**Section für Lepidopterologie.**

Jeden ersten Freitag im Monat (vom Jänner 1901 an).

Sämmtlich im Locale der Gesellschaft: I., Wollzeile 12.

**Section für Coleopterologie.**

Jeden ersten, dritten und eventuell fünften Donnerstag im Monat Abends im Restaurant Leber, I., Babenbergerstrasse.

(Fällt ein solcher Donnerstag an einen Feiertag, so wird die Versammlung auf den Freitag verschoben.)


# Entomologische Literatur

erwerben wir gerne zu besten Preisen, sowohl einzeln als auch in ganzen Bibliotheken. Die P. T. Autoren werden um Ueberlassung insectenwissenschaftlicher Separata — wenn thunlich, stets in Mehrzahl — gebeten.

**Baarzahlung oder Tausch gegen Geräthschaften, Utensilien und optische Hilfsmittel, sowie auch neue Bücher.**

**Ortner's** Comptoir und Buchhandlung
für den entomologischen Bedarf
(Inh. Frau **Marie Ortner**),
Wien, XVIII., Dittesgasse 11.


Druck von Adolf Holzhausen,
k. und k. Hof- und Universitäts-Buchdrucker in Wien.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Ausgegeben am 30. März 1901.

LI. Band. Jahrgang 1901. 2. Heft.

# VERHANDLUNGEN

der

# k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft

in Wien.

Herausgegeben von der Gesellschaft.

Redigirt von

**A. Handlirsch,**

k. k. Custos-Adjunct am naturhistorischen Hofmuseum.

**Mit einer Tafel.**

**Inhalt:** Burgerstein, A., Materialien zu einer Monographie betreffend die Erscheinungen der Transpiration der Pflanzen. III. Theil (Schluss). S. 65. — Bernhauer, Dr. Max, Neue Staphyliniden aus Centralasien. S. 106. — Bischof, J., Ueber die Dipterenfaunen, mit besonderer Berücksichtigung von Prof. G. Strobl's Dipterenfauna von Bosnien, Hercegovina und Dalmatien. S. 115. — Kohl, Fr. Fr., Zur Kenntniss der paläarktischen *Diodontus*-Arten. (Mit Tafel II.) S. 120. — Versammlung der Section für Lepidopterologie. S. 134. — Versammlung der Section für Botanik. S. 135. — Gemeinsame Versammlung der Sectionen für Botanik und Kryptogamenkunde. S. 136. — Referate. S. 136. — Notizen.

## Zoologische und botanische Literatur

kauft jederzeit in ganzen Bibliotheken und einzelnen Werken zu guten Preisen

W. Junk,

Verlag und Antiquariat für Naturwissenschaften,

**Berlin,** N. W. 5.

(Bisher Theilhaber der Firma R. Friedländer & Sohn.)

Soeben erschien:

**Katalog über Forstwissenschaften** (48 Seiten).

Diese Verhandlungen erscheinen **zehnmal jährlich** im Verlage der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft, Wien, I., Wollzeile 12. Die Mitglieder der Gesellschaft erhalten dieselben gratis. Nichtmitglieder können auf die Verhandlungen um den Betrag von jährlich **10 fl. Oe. W.** pränumeriren.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



In Buitenzorg (Java) hat Wiesner [cit. in 315] unter anderen Versuchen auch solche über den Einfluss des Lichtes auf die Transpiration angestellt. Ich werde auf dieselben später zurückkommen; einen dieser Versuche muss ich aber an dieser Stelle mittheilen. Ein rothes (jüngeres) und ein grünes (älteres) Blatt von *Amherstia nobilis* standen mit dem Stiel in je einem mit Wasser gefüllten und entsprechend verschlossenen Glascylinder. Die Transpiration betrug bei freier Exposition pro Stunde und 100 *g* Lebendgewicht in Gramm:

| | Rothes Blatt | Grünes Blatt |
|---|---|---|
| Sonne vollständig bedeckt . . . . . | 1·88 | 2·56 |
| Sonne als Scheibe sichtbar . . . . . | 2·40 | 5·33 |
| Sonne vollkommen unbedeckt . . . . | 3·11 | 8·44 |

Dieses Resultat bestätigt also die von Ráthay gemachte (in Fachkreisen fast unbekannte) Beobachtung, dass grüne Blätter unter sonst gleichen äusseren Bedingungen viel stärker transpiriren als rothe Blätter desselben Pflanzenstockes. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, dass rothe Blätter wenig Chlorophyll enthalten und dass nach den Untersuchungen von Wiesner [127] gerade die vom Chlorophyll absorbirten Lichtstrahlen auf die Transpiration im Lichte besonders wirksam sind. Ausserdem folgt aus Beobachtungen von Stahl [293], dass die Spaltöffnungen bei abgeschnittenen rothen Blättern sich früher oder besser schliessen als bei grünen.

## V. Pallisadengewebe.

Die Beziehungen des Blattmesophylls, speciell des Pallisadengewebes zur Transpiration bildeten den Gegenstand mehrerer Abhandlungen. Da ich im II. Theile der „Materialien" auf diesen Punkt keine Rücksicht genommen habe, es aber hier nachtragen will, so muss ich auch einige ältere Arbeiten anführen.

Nachdem schon Thomas (Jahrb. f. wissensch. Botan., Bd. IV, 1865) gefunden hatte, dass das Pallisadengewebe sich nur oder vorzugsweise an der Lichtseite der Blätter entwickelt, beobachtete Stahl (Botan. Zeitg., 1880, ferner [246]) an den Blättern unserer Laubbäume, dass sonnige Standorte eine stärkere Entwicklung des Pallisadenparenchyms, insbesondere die Bildung langer und schmaler Zellen, schattige Standorte eine stärkere Entwicklung des Schwammparenchyms bedingen. Stahl hat die Ansicht ausgesprochen, dass die Pallisaden die für starke, die Schwammzellen die für geringere Lichtintensitäten angemesseneren Zellformen sind.

Zu demselben Resultate kamen Pick, Grosglik und Dufour.

Pick (Botan. Centralbl., Bd. XI, 1882) sprach sich auf Grund einschlägiger Beobachtungen dahin aus, dass die Pallisadenform der assimilirenden Zellen den meisten Pflanzen erblich überkommen sei und dass stärkere Beleuchtung deren Entwicklung begünstigt. Dass die Intensität des einfallenden Lichtes die Pallisadenentwicklung direct fördert, ergibt sich daraus, dass bei Pflanzen, die befähigt sind, ihre Assimilationsorgane vertikal zu stellen, durch stärkere Beleuchtung

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



auf der einen oder der anderen Seite der Assimilationsorgane die Bildung von Pallisadengewebe hervorgerufen wird.

Grosglik, der die Entwicklungsgeschichte des Mesophylls der (anfangs vertikal, später horizontal stehenden) Blätter von *Eucalyptus globulus* und anderer Pflanzen verfolgt hat (Botan. Centralbl., Bd. XX, 1884), bestätigt, dass das Licht das Auftreten des Pallisadenparenchyms direct verursacht und dessen Ausbildung fördert.

Dufour (Ann. sc. nat., Sér. 7, Vol. V, 1887) cultivirte Pflanzen (*Circaea, Helianthus, Faba, Fragaria, Ligustrum* etc.) in der Sonne und im Schatten. Das Ergebniss war im Wesentlichen dasselbe: „Le tissu en pallisade est beaucoup plus developpé au soleil qu'à l'ombre."

Da die intercellulare Transpiration im Schwammparenchym leichter und rascher erfolgt als im Pallisadenparenchym, so ist es wahrscheinlich, dass die stärkere Entwicklung des Pallisadenparenchyms auf Kosten des Schwammparenchyms im Lichte auf Verminderung der Transpiration hinzielt. Diesen Gedanken hat Areschoug [245] ausgesprochen, und beigefügt, dass vielleicht die Wasserverdunstung von Blättern mit mächtigem Pallisadengewebe auch durch die Fähigkeit dieses Gewebes begrenzt werde, „infolge seines Reichthums an Chlorophyll Wärme zu absorbiren und dadurch das unterliegende transpiratorische Gewebe gegen die Wärme, die das directe Sonnenlicht den Blättern zuführt, zu schützen".

Ebert [249], der die Blattstructur bei *Magnolia acuminata, Tropaeolum maius, Chelidonium maius* und *Helianthus annuus* vergleichend untersuchte, konnte keinen Unterschied zwischen Sonnenblättern und Schattenblättern finden; in beiden Fällen waren gleich viele Pallisaden- und Schwammzellreihen ausgebildet.

Dasselbe war der Fall bei einem im Lichte und einem im Dunkel zur Entwicklung gekommenen Spross von *Clematis integrifolia, Phlox paniculata* und *Tropaeolum maius.* Ebert hat dadurch die Ueberzeugung gewonnen, dass das Licht auf die Pallisadenbildung keinen — wenigstens nennenswerthen — Einfluss hat, dass „das Licht niemals im Stande ist, Pallisadenparenchym selbstständig hervorzurufen". Mit Rücksicht auf die Beobachtungen von Stahl, Pick, Grosglik und Dufour müssen die Angaben von Ebert wohl mit Vorsicht aufgenommen werden. Derselbe Autor cultivirte ferner *Tropaeolum* in *a)* trockenem Boden und trockener Luft, *b)* feuchtem Boden und trockener Luft, *c)* feuchtem Boden und feuchter Luft, weiters eine *Hydrolea spinosa* zuerst in einer sehr feuchten Atmosphäre (im „Aquarium"), dann in trockener Luft. Auf Grund vergleichender Untersuchungen des Mesophylls stimmt Ebert der Ansicht von Areschoug bei, dass das Schwammparenchym das eigentliche transpiratorische Gewebe sei, das im feuchten Klima eine stärkere Ausbildung erfährt. Dagegen bezeichnet Ebert die Annahme von Areschoug [245], dass, wenn durch andauerndes intensives Licht die Transpiration sich in einer für die Pflanze nachtheiligen Weise steigern würde, diese Pallisaden ausbildet und dadurch die Verdunstungsgrösse moderirt, als nicht richtig. „Nicht, wo wenig transpirirt werden soll, findet man Pallisadenzellen stark ausgeprägt, sondern immer dort,

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



wo stark assimilirt und zu gleicher Zeit stark transpirirt wird." Da man wohl annehmen muss, dass ein im Schatten zur Entwicklung kommendes Blatt nicht so stark assimiliren und transpiriren wird, wie ein direct insolirtes, so ist nicht einzusehen, warum das Schattenblatt (nach Ebert) genau ebenso viele Pallisaden- und Schwammzellreihen ausbilden soll, wie das Sonnenblatt.

Ebert's Beweise für seine Ansicht — bemerkt Stenström [305] — geben zu berechtigten Anmerkungen Anlass. Denn aus seinen Culturversuchen mit *Tropaeolum* etc. erfährt man nichts darüber, wie sich die Pallisaden unter den verschiedenen Bedingungen in Bezug auf ihre Längenentwicklung verhielten. Bezüglich der Hydrolea erfährt man nichts darüber, ob in dem Raum mit der trockenen Atmosphäre die Lichtverhältnisse dieselben waren, wie in dem „Aquarium" etc. Ebert's Lehre, dass Pallisadenbildung durch das Zusammenwirken von starker Assimilation und Transpiration hervorgerufen werde, wäre erst dann berechtigt, wenn er gezeigt hätte, dass die Pallisadenbildung bei starker Assimilation und gleichzeitig schwacher Transpiration, ebenso auch bei schwacher Assimilation und gleichzeitig starker Transpiration (alles bei derselben Beleuchtung) unterbleibt. Ebert's Versuche zeigen nur, dass sich die Pflanze in trockener Luft durch Verdickung der Cuticula und durch engeren Anschluss der Pallisaden einen Transpirationsschutz verschafft, der aber mit der Assimilation nichts zu thun hat.

Treffend zeigt Areschoug die Haltlosigkeit der Ebert'schen Behauptung von den Bedingungen der Pallisadenbildung durch folgendes Beispiel: Vergleicht man etwa *Helianthus* und *Buxus*, so ist kein Zweifel, dass die gleiche Blättermasse in derselben Zeit bei *Helianthus* eine weit grössere Menge organischer Substanz erzeugt, als bei *Buxus;* dennoch haben *Buxus*-Blätter ein weit mächtigeres und dichteres Pallisadengewebe als *Helianthus*. Areschoug hätte noch beifügen können, dass dieselbe Blattfläche von *Helianthus* zweifelsohne stärker transpirirt als bei *Buxus*. Selbstverständlich fällt es Areschoug nicht ein, die Bedeutung der Pallisaden als Assimilationszellen zu verkennen.

Der Auffassung Areschoug's von dem Einfluss des Pallisadenparenchyms auf die Transpiration hält Haberlandt entgegen (Physiol. Pflanzenanatomie, 1896), dass auch in diesem Gewebe Intercellularen vorhanden sein können, eine Thatsache, die, wie Haberlandt behauptet, Areschoug entgangen sein soll. Aber schon lange vor Haberlandt's Entdeckung hat Areschoug in einer grösseren Arbeit über die Anatomie des Blattes (Jemförande undersökningar öfver bladets anatomia, Lund, 1878) dieselbe Beobachtung für eine grössere Anzahl von Pflanzen mitgetheilt.

Die von Haberlandt angeführte Thatsache, dass Wüstenpflanzen häufig ein lockeres Pallisadengewebe haben, ist auch keine Widerlegung der Ansicht von Areschoug, da auch die Wüstenpflanzen wenigstens während der feuchten Jahreszeit Transpiration nöthig haben, und ein lockeres Pallisadengewebe nicht ein so ausgesprochenes Transpirationsgewebe darstellt, wie es das Schwammparenchym ist.

Der Hauptsatz Areschoug's ist folgender: „Was das Pallisadengewebe anbelangt, das meiner Ansicht nach ein vorzugsweise assimilatorisches Gewebe

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



ist, so habe ich nachzuweisen gesucht, dass dessen stärkere oder schwächere Entwicklung inclusive Dichtigkeit mit der stärkeren oder schwächeren Beleuchtung, sowie der grösseren oder geringeren Feuchtigkeit des Bodens wie der Luft im engsten Zusammenhange steht." Eine Stütze der Ansicht Areschoug's ergaben die Beobachtungen von Vesque, Lothelier, Mer, Costantin und Altenkirch.

Vesque (Ann. sc. nat. Bot., Sér. 6, Vol. XII, 1881, p. 167) hat sich nach den Befunden des Mesophylls von in trockener, beziehungsweise in feuchter Luft bei gleicher Beleuchtung erzogenen Erbsenpflanzen dahin ausgesprochen, dass infolge der verstärkten Transpiration im Lichte und in trockener Luft sich das Pallisadengewebe stärker entwickelt, sei es durch Vermehrung der Lagen, sei es durch Verlängerung der Pallisadenzellen. — Lothelier (Rev. gén. de Botanique, Vol. V, 1893) cultivirte Pflanzen *(Berberis, Crataegus)* theils in gewöhnlicher Luft, theils in einer sehr feuchten Atmosphäre. Im letzteren Falle war (unter sonst gleichen Verhältnissen) das Pallisadengewebe stark reducirt oder vollständig verschwunden. — Mer (Bull. Soc. bot. de France, Vol. XXX, 1883) erzog Bohnenpflanzen: *a)* bei reichlicher, *b)* bei sehr spärlicher Arrosion des Bodens. Im ersten Falle waren die Pallisadenzellen kegelförmig, unten von einander abstehend, das Schwammparenchym hatte grosse Lacunen; im zweiten Falle waren die Pallisaden cylindrisch, dicht aneinander schliessend, das Schwammparenchym zeigte fast keine Lacunen. — Costantin (Ann. sc. nat., Sér. 7, Vol. III, 1894) verglich die Structur der Blätter von *Stratiotes, Alisma, Ranunculus aquatilis,* die unter Wasser gewachsen waren, mit solchen, die sich in der Luft gebildet hatten. Die Wasserblätter waren „par la réduction ou même la disparition complète du tissu en pallisade" charakterisirt. — Bonnier (Compt.-rend. de l'Acad. des sc. Paris, Vol. CXVIII, 1890) verglich je zwei Individuen derselben Art, von denen das eine von Spitzbergen oder von Jan Mayen, das andere von einem alpinen Standort stammte. Die alpinen Pflanzen hatten Pallisaden, die arktischen aber ein fast lacunäres Gewebe, das Bonnier der feuchten Atmosphäre im arktischen Gebiete zuschreibt.

Bezüglich des Einflusses der Höhenlage auf die Entwicklung der Pallisaden und die Transpirationsgrösse kamen Bonnier und Leist zu gerade entgegengesetzten Resultaten. Bonnier [252] experimentirte u. A. in eigens eingerichteten Laboratorien in Chamounix und in Cadéac (Pyrenäen). Die Versuchspflanzen standen in hermetisch verschlossenen Töpfen, die Transpiration wurde durch Wägung ermittelt. Bonnier fand, dass insolirte Pflanzen in bedeutenden Höhen stärker transpiriren als in der Ebene; im Dunkeln war dagegen die Wasserabgabe der Pflanzen am alpinen Standort fast gleich oder sogar geringer als die der Pflanzen in tieferen Höhenlagen. Bonnier's sorgfältige anatomische Untersuchungen ergaben: In bedeutenden Höhen werden die Blätter im Allgemeinen dicker, das Pallisadengewebe entwickelt sich stärker und wird chlorophyllreicher als bei denselben Arten in der Ebene.

Hingegen hat Leist [257] angeblich gefunden, dass in bedeutenden Höhen die Blätter dünner werden und sich das Pallisadengewebe schwächer entwickelt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Entweder haben nach Leist die alpinen Blätter weniger Pallisadenzellagen als Blätter derselben Art in der Ebene (bisweilen gar keine, wie Arten von *Soldanella*), oder wenn die Zahl der Zellagen nicht differirt, so haben die alpinen Formen kürzere und weitere Pallisaden. Leist kommt zu dem Ergebniss, dass die Sonnenblätter alpiner Standorte in der Regel mit den Schattenblättern der Ebene übereinstimmen. (Und die alpinen Schattenblätter?) Da ferner Versuche mit *Saxifraga cervifolia* lehrten, dass bei stark verminderter Transpiration eine geringere Ausbildung der Pallisaden erfolgt, dass die Verlängerung der Pallisaden und die Vermehrung ihrer Lagen durch stärkere Transpiration herbeigeführt wird, und daher die Alpenpflanzen gegenüber den Pflanzen der Ebene eine geringere Transpiration haben müssen, und zwar „auf bekannte Thatsachen gestützt", infolge „grosser Luftfeuchtigkeit und sehr grosser Bodenfeuchtigkeit".

Ich kann mich der Motivirung von Leist nicht anschliessen. Was zunächst die Bodenfeuchtigkeit betrifft, so ist dieselbe im Alpengebiet nach meinen eigenen Erfahrungen sehr verschieden. So wie es Orte oder Gegenden gibt, in denen der Boden fortwährend sehr feucht ist, so gibt es auch solche Reviere, in denen während eines grossen Theiles der Vegetationszeit eine ziemliche Bodentrockenheit herrscht. Auch die grosse Luftfeuchtigkeit ist im Alpengebiete nicht überall und immer vorhanden. Ich stütze mich auch auf „bekannte Thatsachen" und kann diesbezüglich keinen besseren Gewährsmann anführen, als den Meteorologen Julius Hann. Derselbe sagt in seiner „Klimatologie", S. 177: „Das Charakteristische der Feuchtigkeitsverhältnisse grösserer Gebirgshöhen ist der raschere Wechsel und die grösseren Extreme derselben. Volle Sättigung der Luft mit Wasserdampf, auf dem Boden aufliegende Wolken wechseln häufig mit grosser Lufttrockenheit." Ferner: „Die Evaporationskraft des Hochgebirgsklima darf deshalb nicht nach der relativen Feuchtigkeit allein beurtheilt werden, der verminderte Luftdruck ermöglicht eine viel raschere Verbreitung der gebildeten Wasserdämpfe, also eine Beschleunigung der Verdunstung. Dazu kommt dann auch noch die zeitweilig während schöner Witterung herrschende grosse Lufttrockenheit."

Wagner [278] findet, dass die Blätter der Alpenpflanzen keine so durchgreifenden Schutzanpassungen zeigen, wie solche starke Transpiration hervorzurufen pflegt. Aus dem Umstande, dass bei herabgesetzter Transpiration die Blätter der Alpenpflanzen nicht nur keine Reduction, sondern selbst eine Steigerung der Pallisadenbildung zeigen, hat Wagner die Ueberzeugung gewonnen, dass nicht die Transpiration, sondern die Assimilation in erster Linie den Bau des Mesophylls beherrsche, „in der Weise, dass Zahl und Grösse der Pallisaden nur von den Assimilationsverhältnissen, die Intercellularbildung auch von den Transpirationsverhältnissen abhängig ist".

Eine eingehende, kritische Beleuchtung der Versuchsergebnisse, Ansichten und Deductionen von Bonnier, Leist und Wagner hat Stenström [305] gegeben.

Lesage [292] verglich zwei Culturen von Bohnen; die eine stand unter dem normalen Luftdruck der Ebene, bei der anderen wurde die Luft in der

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Umgebung der Pflanze wiederholt verdünnt. Nach Verlauf eines Monats waren in den Blättern, die unter dem geringeren Luftdruck entstanden, mehr Pallisaden entwickelt als in den Blättern der anderen Cultur.

Lesage [291, 292] fasst die Ergebnisse der französischen Forscher bezüglich der Pallisaden zusammen: Das Pallisadengewebe entwickelt sich: 1. im Lichte mehr als im Schatten (Vesque, Lothelier); 2. in trockener Luft mehr als in feuchter (Dufour); 3. in den Luftblättern der Wasserpflanzen mehr als in den submersen (Costantin); 4. bei geringerem Luftdruck mehr als bei höherem (Lesage); 5. in trockenem Boden mehr als in feuchtem (Mer); 6. in salzigem Boden mehr als in gewöhnlichem (Lesage); 7. bei mangelhafter Wurzelentwicklung in schlechtem Boden mehr als bei reichlicher Wurzelbildung in nahrhaftem Boden.

Das Pallisadengewebe entwickelt sich somit stärker, wenn die äusseren Bedingungen für die Transpiration günstig sind (Nr. 1—4) oder wenn die Wasserabsorption erschwert ist (Nr. 5—7). Man muss daher annehmen — schliesst Lesage — dass das Pallisadengewebe der Blätter einer der Apparate ist, „qu'emploie la plante pour se protéger contre une trop grande transpiration".

## VI. Transpiration der Halophyten.

Schimper [260] hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Halophyten der indo-malayischen Strandflora vielfach xerophytische Eigenthümlichkeiten besitzen, wie Isolateralität, Succulenz, kleine Blätter und Intercellularen, Wachsüberzüge. Es ist nun auffallend, dass viele von diesen Halophyten in einem durchnässten Boden wachsen, also gleichsam hydrophile Xerophyten sind. Nach der Ansicht Schimper's beruht der Vortheil der herabgesetzten Transpiration der Halophyten in der Vorbeugung zu grosser, die Assimilation schädigender Anhäufung des Chlornatriums. Ich glaube aber, dass diese Theorie nicht ganz zutreffend ist, denn die verminderte Transpiration könnte zwar eine die Pflanze schädigende Anhäufung des Chlornatriums verzögern, allein — insbesonders gilt dies für Gewächse mit mehrjährigen Blättern — nicht aufhalten.

Um einen Einblick in die Transpirationsverhältnisse der Halophyten zu bekommen, verwendete Stahl [293] Topfculturen von *Sagina, Kakile* und *Plantago maritima, Chenopodium* und *Triglochin maritimum, Aster Tripolium, Salsola Soda* etc., deren Blätter an sonnigen Tagen abgeschnitten und der Kobaltprobe unterzogen wurden. „Mein Erstaunen wuchs — sagt Stahl —, als es sich bald herausstellte, dass alle mir zur Verfügung stehenden Halophyten das wiederholt erneuerte Kobaltpapier ohne Unterlass zu verfärben fortfuhren, und zwar wie bei gewöhnlichen Sumpfpflanzen, die ihre Stomata nicht zu schliessen vermögen, bis zum völligen Eintrocknen, welches entsprechend der saftigen Beschaffenheit dieser Pflanzen, sowie ihres Salzgehaltes halber langsamer als bei jenen sich einstellte." Die mikroskopische Untersuchung der welkenden Halophytenblätter ergab, dass bei allen die Spaltöffnungen mehr weniger weit geöffnet

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



waren. Da also die Halophyten des Spaltenverschlusses — eines der wichtigsten Schutzmittel gegen starke Wasserabgabe — entbehren, so mussten sie sich nach Stahl's Ansicht anderweitig xerophytisch ausbilden.

Rosenberg [325] wiederholte die Versuche von Stahl, und zwar nicht nur wie dieser im Laboratorium, sondern auch im Freien. In letzterer Beziehung wurden etwa 250 Beobachtungen an der Küste von Gotland, bei Oeresund und an der schwedischen Westküste (mit Anwendung der Kobaltprobe) gemacht, die — im Gegensatze zu Stahl's Befunden — ergaben, dass die Halophyten das Vermögen des Spaltenverschlusses besitzen, und dass sich die Transpiration bei abgeschnittenen Blättern bald vermindert und früher oder später fast ganz aufhört. Besonders ergab sich dies für *Alsine peploides, Glaucium flavum, Lathyrus maritimus* und *Scirpus maritimus*. An einem sonnigen Tage abgeschnittene und sofort der Kobaltprobe unterzogene Blätter von *Triglochin maritimum* schlossen sehr bald ihre Stomata, während Stahl angibt, dass sie bis zum Verwelken des Blattes offen bleiben.

Von 17 Halophyten, bei deren Blättern Rosenberg die relative Transpiration der Ober- und Unterseite prüfte, gaben sieben vorwiegend durch die Oberseite und nur zwei vorwiegend durch die Unterseite Wasser ab; bei den acht übrigen war die Transpiration oberseits und unterseits fast gleich stark. Die gleichzeitige mikroskopische Untersuchung lehrte, dass sich diese Verschiedenheit in der Transpiration der beiden Blattseiten aus der Grösse, Zahl und Vertheilung der Spaltöffnungen nicht erklären lasse.

Gelegentlich brieflicher Mittheilungen erfuhr ich von Prof. Stahl einige von ihm noch nicht publicirte Beobachtungen bezüglich *Aster Tripolium*, aus denen mir hervorzugehen scheint, dass erweiterte Studien der Transpirationsverhältnisse der Halophyten manche der bisherigen Ergebnisse modificiren würden.

## VII. Transpiration der Succulenten.

Eine ausführliche Abhandlung widmete Aubert [269] den Transpirationserscheinungen der Succulenten. Aus seinen chemisch-analytischen Untersuchungen heben wir hervor: Der Zellsaft der Crassulaceen enthält Apfelsäure, Spuren von Weinsäure und bisweilen Tannin; die Mesembryanthemen führen reichlich Oxalsäure, die Cacteen enthalten Apfelsäure, Weinsäure, dann hauptsächlich Gummi und Schleim. Vergleichende Verdunstungsbestimmungen lehrten ferner, dass aus 0·2—0·4%igen Lösungen von organischen Säuren, Gummi und Albumin die Evaporation geringer war, als bei reinem Wasser.

Zu den Transpirationsversuchen dienten Blätter verschiedener Succulenten. Es wurde bei den verschiedenalterigen Blättern einer Pflanze die Acidität des Zellsaftes, bei denen eines gleichen Sprosses die Transpiration (der Gewichtsverlust) ermittelt. Die Blätter befanden sich hierbei in einem durch $H_2SO_4$ trocken erhaltenen Raume (schwach diffuses Licht). Die schwächste Transpiration zeigten die Cacteen; manche Crassulaceen und Mesembryanthemen mit sehr dünner Cuticula verloren mehr Wasser als gewisse Nicht-Succulenten mit

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



dicker Cuticula (*Hedera, Picea* etc.). *Pereskia aculeata* mit dünner Cuticula transpirirte fast so stark wie Epheu; andere Cacteen mit dicker Cuticula 10- bis 20mal schwächer. Für verschiedene Cacteen wurde gefunden, dass junge Blätter stärker transpiriren als ältere, vollkommen erwachsene desselben Individuums.

Zur Verlangsamung der Wasserabgabe der Succulenten tragen nach Aubert bei: *a)* organische Säuren, gummöse und schleimige Zellinhaltsstoffe, *b)* die geringe Oberflächenentwicklung, *c)* die geringe Wurzelentwicklung, *d)* der Chlorophyllmangel in den tieferen Parenchymschichten, *e)* bisweilen starke Cuticula.

Ferruzza [340] bestätigte (für *Kleinia, Epiphyllum, Cotyledon, Echeveria, Crassula, Sempervivum, Aloë, Gasteria*) die bekannte geringe Transpiration der Succulenten. Derselbe Autor fand auch, dass Palmen *(Corypha australis, Livistona, Erythea)* ziemlich stark, „con una certa energia" transpiriren und daher ein grosses Wasserbedürfniss haben, was auch im Allgemeinen mit der gärtnerischen Erfahrung übereinstimmt. Die Versuche wurden mit der Stahlschen Kobaltmethode und sehr sorgfältig ausgeführt.

## VIII. Einfluss des Lichtes auf die Transpiration.

Durch die im letzten Decennium ausgeführten Versuche wurde der lange bekannte Einfluss des Lichtes auf die Transpiration bestätigt.

Curtel [253] benützte eine Reise durch Norwegen, um auf der Poststation Kongsvold auf dem Dovrefield (900 *m* Seehöhe) einige Versuche über Transpiration und Assimilation auszuführen. Zu den Transpirationsversuchen diente ein U-förmig gebogenes Rohr; in dem einen Schenkel war (luftdicht) eine bewurzelte Roggenpflanze befestigt (Wurzeln im Rohr, Blätter in der Luft), der andere Schenkel stand mit einer horizontalen, englumigen Glasröhre in Verbindung; diese, sowie das U-Rohr waren mit Wasser gefüllt. Aus der Verkürzung der Wassersäule in der englumigen Glasröhre wurde auf die Grösse der „Transpiration" geschlossen. Die Versuche fanden während zweier norwegischer Sommernächte (30.—31. Juli, 31. Juli bis 1. August) statt. Die Transpiration (recte Wasseraufnahme) nahm ziemlich gleichförmig mit dem Sinken der Sonne ab; das Minimum stellte sich von 10 Uhr Abends bis nach Mitternacht ein; um $12^1/_2$ Uhr Nachts (Rückkehr der Sonne) nahm die Transpiration wieder continuirlich zu. Die Temperatur schwankte von $-2{\cdot}5$ bis $+11{\cdot}4°$, die Feuchtigkeit der Luft von 68—100 %. Auch das Minimum der Assimilation correspondirte mit dem Minimum der Helligkeit. Die Kürze der Vegetationszeit wird also dadurch compensirt, dass Assimilation und Transpiration fast ohne Unterbrechung Tag und „Nacht" vor sich gehen.

Aloi [263] verschloss einzelne Blätter von Topfpflanzen (ohne Abtrennung) in Glasröhren, die gleichzeitig eine gewogene Menge von Chlorcalcium enthielten. Bei anderen Versuchsreihen wurden ganze Topfpflanzen (mit luftdicht verschlossenen Töpfen) verwendet. In diesen Fällen betrug beispielsweise pro 100 $cm^2$ Oberfläche die Transpirationsgrösse in Milligramm:

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



| | Dunkel | diffus | Sonne |
|---|---|---|---|
| *Achyranthes Lindeni* . . . . | 80 | 150 | 350 |
| *Iris florentina* . . . . . | 95 | 113 | 2119 |
| *Lilium dahuricum* . . . . . | 364 | 452 | 1369 |

Auch Ferruzza [340] constatirte bei seinen Versuchen mit Succulenten und Palmen (mittelst der Kobaltprobe), dass die Transpiration im directen Lichte ausnahmslos höher war als im Schatten.

Woods [306] benützte einen eigenen (von ihm abgebildeten und beschriebenen) elektromagnetisch registrirenden Apparat, mit dem er den Gang der Transpiration innerhalb 24 Stunden ermittelte. Bei einer *Fuchsia* war die Wasserabgabe im directen Sonnenlichte zehnmal so gross, als wenn die directen Strahlen durch einen vorgestellten Schirm abgehalten wurden.

Haberlandt [275] hat in den botanischen Gärten von Buitenzorg und Graz viele Transpirationsbestimmungen mit abgeschnittenen beblätterten Zweigen und Blättern bei directer Insolation ausgeführt. Unter Anderem sagt der genannte Forscher: Wenn man vorher beschattete Pflanzentheile plötzlich bei hoher Temperatur in directem Sonnenlichte transpiriren lässt, so erhält man häufig in den ersten 10—30 Minuten bedeutend höhere Transpirationszahlen als später, „wenn sich der transpirirende Pflanzentheil der geänderten Beleuchtungsintensität bereits angepasst hat". Dazu wäre nur zu bemerken, dass ein abgeschnittener Zweig (oder ein abgetrenntes Blatt) und ein noch an der bewurzelten Pflanze befindlicher Spross zwei in anatomischer, aber nicht in physiologischer Beziehung gleiche Pflanzentheile sind. Bei einem mit der Schnittfläche in Wasser stehenden Zweige (oder gar Blatt) überwiegt im directen Sonnenlichte bei gleichzeitig hoher Temperatur die Wasserabgabe so sehr die Wasseraufnahme, dass sich der Wassergehalt des Sprosses (Blattes) continuirlich vermindert. Dieser Umstand, verbunden mit dem Sinken des Turgors im Blattparenchym und der Verengerung der Spaltöffnungen bei relativer Lufttrockenheit, bewirkt eine Depression der Transpiration. Von einer Anpassung eines langsam absterbenden Pflanzentheiles, wie einen solchen z. B. ein mit dem Blattstiel in Wasser, mit der Lamina in heisser und trockener Luft befindliches *Aesculus*-Blatt (Haberlandt) darstellt, kann man doch wohl nicht sprechen.

Ueber die Licht-Transpirationsversuche von Stahl, Giltay, Wiesner vergl. Cap. XI. Nach Beobachtungen von Stahl [293] war die Transpiration einer *Ficus*-Topfpflanze in der Sonne 102 mal stärker als an der Hinterwand eines nach Norden gelegenen Zimmers; nach Haberlandt war die Transpiration eines *Ficus*-Blattes (in Buitenzorg) in einer „sonnigen Vormittagsstunde" blos 12 mal grösser als in einer Nachmittags- oder Nachtstunde.

Um den schon mehrfach geprüften Einfluss der Lichtfarbe auf die Grösse der Transpiration kennen zu lernen, stellte Wollny [294] Versuche an. In grösseren glasirten, mit humosem Kalksand gefüllten Blumentöpfen wurden durch Aussaat „dichte Grasdecken" hergestellt. Von sechs ausgewählten Grasdecken betrug das Verhältniss der Transpirationsgrösse für je zwei Töpfe: 100 : 80·2 : 79·8 oder etwa 5 : 4 : 4.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Dann kamen je zwei Töpfe unter Kästen, die an auf einer freien Fläche des Versuchsfeldes stehenden Tischen standen. Die Vorderwand, sowie die Flankenwände der Kästen bestanden aus färbigen Gläsern; die Hinterwand bildete ein Leinenvorhang. Die Gläser liessen folgende Lichtantheile durch: *a)* (roth) *A—C; b)* (gelb) *A—F*$^1/_2$; *c)* (blau) *D*$^1/_2$*—H.*

Die Töpfe wurden täglich einmal gewogen; durch tägliches Giessen wurde der Wassergehalt des Bodens ziemlich gleich erhalten. Die Gewichtsverluste verhielten sich nach 13 Tagen: roth : gelb : blau = 100 : 96·4 : 70·0.

Nun musste bei den Gewichtsverlusten noch die während der Versuchszeit unter dem verschiedenen Lichteinfluss producirte ungleiche Menge organischer Substanz in Rechnung gezogen werden. Durch Division der Verhältnisszahlen der Verdunstung durch die (vom Verfasser schon an anderen Versuchsreihen ermittelten) Verhältnisszahlen der producirten Trockensubstanz für dieselben Lichtfarben ergab sich die Proportion: roth : gelb : blau = 100 : 38·3 : 115·7. Berücksichtigt man noch, dass die unter Roth stehenden Pflanzen von vornherein mehr Wasser abgaben (5 : 4 : 4), so würden sich mit Einbeziehung dieser Zahlen folgende relative Transpirationsgrössen ergeben: roth : gelb : blau = 100 : 48 : 144·7.

Die Transpiration war also, bezogen auf die Production gleicher Menge von Trockensubstanz, im blauen Lichte stärker als im rothen, in diesem wieder etwa doppelt so gross als im gelben. Dies stimmt mit den Versuchsergebnissen von Wiesner [127], Comes [149, 165, 172], Hellriegel [198], Henslow [229].

## IX. Einfluss der Temperatur und Feuchtigkeit.

Der schon lange bekannte Einfluss der Lufttemperatur auf die Transpiration wurde durch neue Versuche von Aloi [263] bestätigt. Er verschloss ein mit der bewurzelten Pflanze in Verbindung bleibendes Blatt luftdicht in einem Glascylinder; dieser war geneigt und enthielt ein in derselben Richtung laufendes Rohr, durch welches kaltes oder warmes Wasser durchgeleitet werden konnte, so dass es möglich war, die Temperatur in der Umgebung des Blattes fast constant zu erhalten. Ausserdem enthielt der Glascylinder eine gewogene Menge von Chlorcalcium zur Bestimmung der evaporirten Wassermenge. Es betrug z. B. für *Amaryllis Belladonna* die Transpiration (V) pro *cm*$^2$ Fläche in Milligramm:

| | | |
|---|---|---|
| Lichtabschluss . . | T = 14·9° C., V = 15; | T = 38° C., V = 30. |
| Diffuses Licht . . | T = 14·9° C., V = 31; | T = 35° C., V = 50. |
| Directe Sonne . . | T = 28·0° C., V = 73; | T = 42° C., V = 104. |

Aus den zwei ersten Reihen ergab sich auch der die Transpiration fördernde Einfluss des diffusen Lichtes.

Nach Prunet [277] transpirirte ein mit der Schnittfläche in Wasser stehender vierblätteriger Weinspross, im Dunkelzimmer 1 *m* vor einer Gasflamme stehend, im Mittel 17 *mg* pro Viertelstunde. Er wurde dann durch rasche Verdunstung von Aether zum Gefrieren gebracht; nach dem Aufthauen betrug die Wasserabgabe in den aufeinander folgenden Viertelstunden: 108, 87, 76, 54, 46,

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



39, 34, 31, in Summa 475 *mg*, während ein nicht abgekühlter Vergleichsspross unter denselben Bedingungen blos 132 *mg* an Gewicht verlor. Die beträchtlich grössere Wasserabgabe gefrorener Pflanzentheile nach dem Aufthauen (nach Prunet eine Evaporation, nicht Transpiration) wurde schon lange, besonders von Mohl [37] constatirt und erklärt. Eine zweite Versuchsreihe von Prunet mit Birnbaumzweigen hat keinen Werth.

Ueber den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Transpiration liegen neuere Versuche von Aloi [263] vor. Sie wurden von ihm in ähnlicher Weise wie die Lichtversuche gemacht. Die Cylinder enthielten entweder „gewöhnliche" oder eine durch Chlorcalcium und Schwefelsäure getrocknete Luft. Die Transpiration betrug z. B. bei *Amaryllis Belladonna* pro 100 $cm^2$ Oberfläche in *a)* gewöhnlicher, *b)* trockener Luft:

| | | |
|---|---|---|
| Lichtabschluss . . . . | *a)* 35 *mg*, | *b)* 65 *mg*. |
| Diffuses Licht . . . . | 56 „ | 120 „ |
| Directe Sonne . . . . | 361 „ | 733 „ |

Die Versuche, welche indes vielleicht nicht exact waren, da psychrometrische Angaben fehlen, bestätigen den alten Erfahrungssatz, dass relative Lufttrockenheit die Transpiration erhöht.

Auch Wollny [339] bestätigt, dass die Verdunstung mit dem sogenannten Sättigungsdeficit der Luft zunimmt, findet aber, dass die Transpiration in einem engeren Verhältniss wächst, als der reciproke Werth der Luftfeuchtigkeit, was sich daraus erklären lasse, dass sich in trockener Luft die Pflanzen „mit Schutzeinrichtungen verschiedener Art gegen zu starke Verdunstung versehen".

Ueber den Einfluss der Bodenfeuchtigkeit stellte Aloi [263] viele Versuche an, welche ergaben, dass die Transpiration bei einer „umidità normale" geringer war, als in einem „terreno molto umido". Sollen Licht, Wärme, Luftfeuchtigkeit auf die Spaltöffnungszellen und somit indirect auf die intercellulare Transpiration einwirken, so ist nach Aloi [295, 296] eine genügende Bodenfeuchtigkeit nothwendig; denn fehlt diese, so bleiben die Stomata geschlossen.

Zu demselben Ergebniss kam Ferruzza [340]. Dass vermehrte Bodenfeuchtigkeit die Transpiration erhöht, hatte schon Hales experimentell festgestellt.

Nach Stenström [305] kann angenommen werden, dass — extreme Fälle abgerechnet — das Verhältniss $\frac{B}{L} = T$ für dieselbe Pflanze einen annähernd constanten Werth hat, in welcher Formel $B$ die Bodenfeuchtigkeit, $L$ die Luftfeuchtigkeit und $T$ die Transpiration bedeutet.

Ferruzza beobachtete [340], dass durch Erschütterungen der Pflanze ihre Transpiration „sensibilimente" erhöht wird (vergl. Mater., II. Th., S. 442).

## X. Anaesthetica, Kohlensäure.

Dixon [330] bestimmte mittelst eines eigenen Apparates die Transpirationsgrösse von Zweigen *(Syringa, Cytisus Laburnum)* und gleichzeitig die Evaporation einer freien Wasserfläche in Luft und in verschiedenen Gasen. Hierbei

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



ergaben sich im Mittel *a)* für die Transpirationsgrösse der Zweige, *b)* für die Verdunstungsgrösse des Wassers folgende Zahlen: Sauerstoff *a)* 136, *b)* 104; Kohlensäure *a)* 87, *b)* 89; Aether *a)* 82, *b)* 81; Chloroform *a)* 66½, *b)* 59; hierbei ist der für atmosphärische Luft erhaltene Werth gleich 100 gesetzt. Es wird mithin in Kohlensäure, Aether und Chloroform die Transpiration ungefähr in demselben Masse deprimirt, wie die Verdampfung einer freien Wasserfläche; in einer Sauerstoffatmosphäre wird hingegen die Transpiration erheblich gesteigert. Dixon glaubt daraus schliessen zu müssen, dass die Transpiration grüner Pflanzentheile nicht ein einfacher physikalischer, sondern ein vitaler Process sei. (Ueber unvermeidliche Fehler, z. B. die verschiedene Diffusionsgeschwindigkeit der Gase je nach ihrem specifischen Gewichte, vergl. Botan. Centralbl., Bd. 76, S. 135.)

Zu einem gerade entgegengesetzten Resultate gelangte Woods [286]. Wurden kleine, in Töpfen gepflanzte *Mnium*-Rasen mit Aether anästhesirt und dann in gewöhnliche Luft gebracht, so rollten sich die Blätter ein und begannen zu vertrocknen, nicht nur im Sonnenlichte, sondern auch im diffusen Lichte und im Finstern, während die nicht narcotisirten Vergleichspflanzen durch den Wasserverlust nur sehr leicht afficirt wurden. Die anästhesirten Moose erwiesen sich nach Beendigung des Versuches noch als lebend. Im Lichte wie im Dunklen wächst also der Wasserverlust, wenn die Activität des Protoplasmas abnimmt. Die Transpiration ist somit nach Woods keine physiologische Function des Plasmas, sondern „The transpiration is nothing more than evaporation".

Man weiss seit den Versuchen von Claude Bernard, dass Anästhetica, wie Aether oder Chloroform, der Pflanze in convenablen Mengen gegeben, die Kohlensäurezerlegung sistiren.

Aus Versuchen von Jumelle [254, 255] geht hervor, dass gleichzeitig die Transpiration verstärkt wird. Derselbe experimentirte mit Blättern von *Quercus, Ostrya, Fagus, Solanum tuberosum.* Für jeden Fall wurde die Aetherdosis bestimmt, welche die Assimilation sistirt, ohne die Pflanze zu tödten. Auf dasselbe Trockengewicht bezogen, war die Transpiration der ätherisirten Blätter im Lichte viel grösser, im Finstern dagegen kleiner als die der nicht ätherisirten Blätter. Indem durch die Aetherisirung die Assimilation im Lichte sistirt wird, kommt nach Jumelle die ganze Energie der vom Chlorophyll absorbirten Lichtstrahlen der Transpiration zugute.

In einer zweiten Abhandlung theilt Jumelle [255] neue Versuche mit. Zwei in Nährstofflösung gezogene Lupinen wurden so adjustirt, dass sowohl die Wasseraufnahme als auch die Wasserabgabe gemessen werden konnte. Die Pflanzen standen unter grossen Glasglocken. Unter die Glocke I (Pflanze mit sechs Blättern) wurde täglich Kohlensäure eingeleitet; in der Glocke II (Pflanze mit vier Blättern) wurde die Kohlensäure der durchaspirirten Luft mittelst Kalilauge absorbirt. Während der fünftägigen Versuchsdauer hatte Pflanze I (mit $CO_2$) 8 *g* Wasser absorbirt und 8 *g* evaporirt; Pflanze II (ohne $CO_2$) hatte trotz der kleineren Blattoberfläche 20 *g* absorbirt und 19·25 *g* verdunstet. Analoge Resultate ergaben *Ricinus* und *Liquidambar.* Andere, mit Lupinenkeimlingen gemachte Versuche lehrten, dass in einer 5—9 % $CO_2$ enthaltenden Luft, also bei

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



erhöhten Assimilationsbedingungen, die Transpiration im Sonnenlichte kleiner war, als in normaler Luft.

Nach Jumelle kann die Retardirung der Transpiration chlorophyllhältiger Pflanzen bei erhöhter Assimilationsthätigkeit und die Steigerung der Transpiration bei gehemmter Assimilation nur so erklärt werden, dass in letzterem Falle jene Lichtantheile, die im Dienste der Kohlensäurezerlegung stehen, für die Transpiration disponibel werden, während bei gesteigerter Assimilation ein Theil der sonst der Transpiration zugute kommenden Lichtstrahlen zur Kohlensäurezerlegung verwendet wird.

E. und J. Verschaffelt [261] waren von den Versuchsergebnissen Jumelle's nicht befriedigt. Gegen die Exactheit derselben machen sie unter Anderem den Umstand geltend, dass die zur Absorption der Kohlensäure verwendete Kalilauge einen Einfluss auf die Wasserabgabe seitens der Pflanzen nehmen konnte; Verschaffelt hielten es deshalb für geboten, eigene Untersuchungen anzustellen. Sie aspirirten zu dem Zwecke mittelst eines eigenen, in der Originalabhandlung abgebildeten und beschriebenen Apparates einen trockenen, kohlensäurehältigen, beziehungsweise kohlensäurefreien Luftstrom über die Versuchspflanzen *(Citrus, Aucuba, Cinnamomum)*, deren transpirirende Theile in Glascylindern luftdicht verschlossen waren und deren Wurzeln in Nährstofflösungen vegetirten; liessen dann den von der Pflanze exhalirten Wasserdunst durch Chlorcalcium absorbiren und ermittelten durch die Gewichtszunahme des letzteren die Transpirationsgrösse. Es ergab sich, dass sowohl im Lichte wie auch im Dunklen die Transpiration in kohlensäurefreier Luft grössere Werthe erreichte, als in kohlensäurehältiger Atmosphäre.

Die kritischen Bemerkungen und Ergebnisse Verschaffelt's veranlassten Jumelle [266] zu Gegenbemerkungen und zu neuen Versuchen. Bezüglich belichteter Pflanzen stimmen die Resultate Verschaffelt's mit denen Jumelle's überein. Was aber die verdunkelten Exemplare betrifft, so macht Jumelle darauf aufmerksam, dass die von Verschaffelts für kohlensäurefreie und kohlensäurehältige Luft gewonnenen Transpirationszahlen innerhalb so enger Grenzen liegen, wie sie „Beobachtungsfehler", die bei physiologischen Versuchen unvermeidlich sind, ergeben.

Bei Wiederholung der Versuche verwendete Jumelle Barytwasser statt Kalilauge. Er nahm zwei gleich grosse, von schwarzem Papier umhüllte Glasglocken; unter jeder wurde ein beblätterter Zweig und eine Schale mit gewogener concentrirter Schwefelsäure aufgestellt. Ausserdem befand sich unter der Glocke *B*, in die kohlensäurefreie Luft eingeleitet wurde, ein Gefäss mit Barytwasser (behufs Absorbirung der durch die Athmung gebildeten Kohlensäure); unter der Glocke *A*, deren Luft 7—8% Kohlensäure enthielt, als Aequivalent des Barytwassers ein gleiches Gefäss mit gleich viel destillirtem Wasser. Die Zulässigkeit der Verwendung einerseits von Barytwasser, andererseits von reinem Wasser wurde durch einen Vorversuch dargethan.

I. Dunkel. *Osmanthus ilicifolius.* Das Transpirationsverhältniss beider Zweige war: in gewöhnlicher Luft und freier Exposition 1 : 1·15; unter den

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Glocken $A : B = 1 : 1{\cdot}10$ im ersten und $1 : 1{\cdot}13$ im zweiten Versuch. Ein gleiches Resultat ergab ein analoger Versuch mit *Ligustrum sinense.*

II. Licht. *Ruscus aculeatus.* Das Transpirationsverhältniss der beiden Zweige war in gewöhnlicher Luft: $1 : 1{\cdot}66$; unter den Glocken $A : B = 1 : 0{\cdot}92$. — *Ilex aquifolium,* $1 : 1{\cdot}37$; unter den Glocken $A : B = 1 : 0{\cdot}88$.

III. Chlorophyllfreie Pflanzen. Licht. *Clitocybe rivulosa.* Transpirationsverhältniss $1 : 1{\cdot}12$; unter den Glocken $A : B = 1 : 1{\cdot}10$. Dasselbe Resultat (gleiche Quotienten) lieferten analoge Versuche mit weissen Blüthen von *Hyacinthus orientalis* und *Dianthus Caryophyllus.*

Da somit neuerdings gefunden wurde, dass grüne Blätter in kohlensäurefreier Luft, also bei sistirter Kohlensäure-Assimilation, die Transpiration im Lichte erhöhen, während bei Lichtabschluss der Kohlensäuregehalt der Luft keinen constatirbaren Einfluss auf die Transpirationsgrösse ausübt, da es sich ferner herausstellte, dass chlorophyllfreie Pflanzentheile bei Anwesenheit und bei Abwesenheit von Kohlensäure gleiche Wassermengen transpiriren, mögen sie belichtet oder nicht belichtet sein, so hält Jumelle den schon früher ausgesprochenen Satz für bestätigt, dass belichtete grüne Pflanzentheile in kohlensäurefreier Luft deshalb eine erhöhte Verdunstungsthätigkeit erfahren, weil wegen sistirter Assimilation die ganze Energie der vom Chlorophyll absorbirten Lichtstrahlen in den Dienst der Transpiration tritt.

Nach Versuchen von Schneider [284] mit ganzen Pflanzen und mit Blattabschnitten von *Solanum tuberosum* im Finstern, im diffusen Licht, im vollen Sonnenlichte, sowie unter Einwirkung von Sonnenstrahlen bestimmter Brechbarkeit, retardirt Aether die Transpiration unter allen Bedingungen. Eine erhöhte Wasserdampfabgabe bei anästhesirten Pflanzen erfolgt nach Schneider nur dann, wenn die Gewebe durch das Anästhetikon getödtet wurden, in welchem Falle man es aber mit Evaporation und nicht mit Transpiration zu thun hat.

Eine eingehende Kritik der Schneider'schen Versuche gab Woods [286]. Vor Allem bemerkt derselbe, dass sich Schneider einer Täuschung hingab in der Einbildung, dass die durch die Wurzeln aufgenommene Wassermenge auch das Transpirationsquantum repräsentirt. Schneider bediente sich nämlich eines „Modified and improved Kohl transpiration apparatus" (vergl. Mater., II. Th., S. 91). „This apparatus gives very delicate results" — glaubt Schneider.

Während sich ferner Jumelle jedesmal besondere Mühe gab, die Aethermenge zu finden, durch welche die Assimilation sistirt, die Pflanze aber nicht getödtet wurde, gebrauchte Schneider diese Vorsicht nicht. „I took no special notice of the amount of anaesthetic used, because I soon found, that the effect was the same independent (?) of the quantity used." Auch die Behauptung Schneider's, dass sich Jumelle mit Verschaffelt bezüglich der Wirkung des Aethers auf die Transpiration in eine Controverse eingelassen hat, ist unrichtig, da Verschaffelt's den Einfluss des Kohlensäuregehalts der Luft und nicht den des Aethers auf die Transpiration geprüft haben.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



## XI. Transpiration im feucht-warmen Tropengebiete.

Ueber die Transpirationsgrösse der Pflanzen im heiss-feuchten Tropenklima in ihrem Verhältnisse zu jener der Flora Mitteleuropas hat sich zuerst Haberlandt [275] auf Grund von experimentellen Beobachtungen, die er in den botanischen Gärten zu Buitenzorg und zu Graz gemacht hat, bestimmter ausgesprochen. Zur Ermittlung der Transpirationsgrösse bediente sich Haberlandt in Buitenzorg theils abgeschnittener beblätterter Sprosse, theils einzelner Blätter. Die unteren Enden dieser Pflanzentheile tauchten mit der Schnittfläche in mit Wasser gefüllte Glascylinder, die möglichst luftdicht verschlossen wurden. Die Versuchsobjecte standen auf einem freien Platz vor dem Laboratorium unter einem allseits offenen Zelt, dessen mattes Glasdach mit Schlinggewächsen bekleidet war. „Vor directer Insolation und vor Benetzung durch Regen waren sie vollkommen geschützt.“ Die Transpirationsverluste wurden während zweier oder dreier Tage täglich zweimal (gewöhnlich um 7 Uhr Früh und 3 Uhr Nachmittag) ermittelt. Aus den erhaltenen Gewichtsdifferenzen wurde die Transpirationsgrösse für 24 Stunden, ferner für eine „sonnige Vormittagsstunde“ (welche die Versuchspflanzen nie hatten), ferner für eine „Nachmittags-Nachtstunde“ (stündlicher Durchschnitt für die Zeit von 3—5 Uhr Nachmittags bis 7 Uhr Früh) berechnet und einheitlich auf 1 $dm^2$ Spreitenfläche, sowie auch auf 1 *g* Blatt-Frischgewicht reducirt. Von den verwendeten 17 Pflanzenarten verloren pro Tag und 1 $dm^2$ Blattfläche neun weniger als 1 *g*, sechs zwischen 1—2 *g*, und nur zwei transpirirten stärker, nämlich *Phoenix* sp. (2·6 *g*) und *Acalypha tricolor* (3·25 *g*). Pro 24 Stunden und 1 *g* Blattgewicht verloren von 15 Arten 11 weniger als 0·5 *g*, drei zwischen 0·5—1 *g*, *Acalypha* 1·8 *g*.

Haberlandt theilt weiter in dieser Abhandlung [275] die von ihm nach gleicher Methode in Graz ermittelten Transpirationszahlen für mehrere dortige Holzpflanzen, wie *Aesculus, Syringa, Acer, Corylus, Cornus* mit. Zweige dieser Gewächse verloren im August (Temp. 21—30° C, r. F. 49—80%) pro Tag und $dm^2$ Blattfläche 1·37—5·97 *g* an Gewicht. Anschliessend reproducirt Haberlandt die von N. J. C. Müller [139] für verschiedene einheimische Holzarten berechneten Transpirationswerthe, die sich pro Tag und $dm^2$ Blattfläche zwischen 2·42—7·96 *g* bewegen, und kommt zu dem folgenden Schlusse: „Im Durchschnitt bleibt also die Transpiration in einem feucht-warmen Tropenklima mindestens um das Zwei- bis Dreifache hinter den Transpirationsgrössen, wie sie in unserem Klima gewöhnlich sind, zurück. Dieses Ergebniss war ja im Grunde genommen vorauszusehen.“

Haberlandt kommt dann auf die „noch immer sehr verbreitete Annahme“ zu sprechen, dass der „Transpirationsstrom“ als Vehikel der Nährsalze für die Ernährung der grünen Landpflanze von massgebender Bedeutung sei. Dies könne nicht schlagender widerlegt werden, als durch die Thatsache, dass die Vegetation im feucht-warmen Tropenklima bei üppigem Wachsthum und hoher Assimilation doch nur eine geringe Wasserabgabe leistet. Dass aber letzteres nicht der Fall ist, wird sich später zeigen.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Dieser Ansicht, dass die Transpiration in den feucht-warmen Gebieten Westjavas (von Haberlandt auf die feuchten Tropengebiete überhaupt ausgedehnt) mindestens 2—3 mal geringer sei als die in Mitteleuropa, sind zuerst Stahl, dann Wiesner, Burgerstein, Giltay und Stenström wirksam entgegengetreten. Uebrigens hat sich Haberlandt selbst widerlegt, wie mehrfach aus seinen Angaben hervorgeht.

Stahl [293] sprach sich dahin aus, dass für die in Wäldern oder an sonstigen sehr schattigen Orten wachsenden Pflanzen die Haberlandt'sche Annahme zutreffend sein oder noch hinter der Wirklichkeit zurückstehen kann. Was dagegen die der Sonne ausgesetzten Tropenpflanzen betrifft, so lassen es die (von Stahl in derselben Abhandlung mitgetheilten) Erfahrungen wahrscheinlich erscheinen, dass ihre Verdunstungsgrösse von Haberlandt viel zu gering angeschlagen wird. Die gefundenen relativ geringen Verdunstungsgrössen erklären sich, wie Stahl richtig bemerkt, aus der Versuchsanstellung. Die Versuchspflanzen Haberlandt's wurden eben dem directen Sonnenlichte, „welches ja gerade in der feuchten Tropenluft (wegen des hohen Wassergehaltes von Luft und Boden) seine transpirationssteigernde Wirkung am stärksten zur Geltung bringen muss", gar nicht ausgesetzt.

Als Gegenschrift zu der Abhandlung von Haberlandt [275] erschienen gleichzeitig Giltay's [318] „Vergleichende (und kritische) Studien über die Stärke der Transpiration in den Tropen und im mitteleuropäischen Klima", sowie meine kritischen Bemerkungen [315] zu Haberlandt's Versuchen. Auf beide Gegenschriften folgte eine Replik seitens Haberlandt's [333]. Auf die Giltay betreffenden Stellen jener Replik veröffentlichte dieser [332] eine Duplik, auf diese dann Haberlandt [341] eine „Erwiderung" und auf letztere wiederum Giltay [347, 348] zwei Gegenerwiderungen. Ich selbst benütze diese Gelegenheit hier, um auf die mich betreffenden Stellen in Haberlandt's Replik zu antworten. Wir lassen Giltay beginnen. Zunächst erhebt auch er Bedenken gegen die Versuchsanstellung von Haberlandt und wendet mit Recht hauptsächlich Dreierlei ein: 1. Da die Buitenzorger und Grazer Versuchspflanzen vor Insolation und Beregnung geschützt waren, so frägt es sich, in wie weit die mögliche Verschiedenheit in der Stärke dieser Factoren an beiden Orten die Transpiration beeinflusst hätten. 2. Wurde hier und dort mit ganz verschiedenen Pflanzen experimentirt. 3. Wurden nur abgeschnittene Zweige und Blätter verwendet.

Giltay [318] beschäftigt sich dann mit dem Klima von Java. Haberlandt fand die Luftfeuchtigkeit in Buitenzorg (December, Jänner) zwischen 70—97 %. „Zwei Drittheile des Tages hindurch war die Luft im Freien fast dampfgesättigt." Aber Giltay weist auf Grund eines statistischen Materials nach, dass es im feucht-warmen Klima Westjavas auch Gegenden gibt, in denen die Feuchtigkeit bei Weitem nicht so hohe Werthe hat, als Haberlandt meint. Giltay selbst constatirte, was Buitenzorg betrifft, *a)* vom 18. October bis 28. November eine relative Luftfeuchtigkeit von 36—95 % und als Mittelwerth von 24 Beobachtungen um die Mittagszeit (für eine Periode, in der es häufig regnete)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



56%; *b)* vor dem Laboratoriumsgebäude des Berggartens Tjibodas, „des ewig feuchten Waldes", (vom 1.—12. December) 79—98%, im Walde selbst 95—100%. Giltay theilt auch die Feuchtigkeitsverhältnisse von Batavia mit.

Von den Transpirationsversuchen Giltay's verdienen insbesondere jene Beachtung, die mit Topfpflanzen von *Helianthus annuus* (dieselbe Varietät) einerseits in Buitenzorg, andererseits in Wageningen (Holland) gemacht wurden. Die Töpfe standen in hermetisch schliessenden Zinkumhüllungen und waren frei auf dem Platze vor dem Laboratoriumsgebäude Buitenzorgs (beziehungsweise im botanischen Garten von Wageningen) aufgestellt. Vor Erwärmung durch Insolation waren die Zinkumhüllungen geschützt. Bei einigen Versuchen in Buitenzorg standen die Pflanzen unter einem Glasdach, das aber nicht von Schlingpflanzen umkleidet war. Es betrug nun die Transpiration an den einzelnen Tagen im Mittel pro Stunde und $dm^2$ der Blattfläche in Gramm:

| | |
|---|---|
| Buitenzorg, im Freien . . . . . | 1·8 —3·7, |
| „ unter dem Glasdach . . . . . | 0·4 —0·8, |
| Tjibodas, vor dem Laboratoriumsgebäude . . . | 0·02—1·5, |
| „ im Walde . . . . . | 0·12—0·21, |
| Wageningen, 23./V.—14./VI. . . . . | 0·2 —1·0. |

In Wageningen war das Wetter im Allgemeinen trocken, hell und warm.

Das Mittel aller Beobachtungen mit *Helianthus,* die an ganzen Tagen angestellt wurden, gab nun für Buitenzorg und für Wageningen dieselbe Zahl, nämlich 0·6 *g* pro Stunde und 0·5 $dm^2$ Oberfläche + 0·5 $dm^2$ Unterfläche der Blätter. Für den Standort in Tjibodas ergab sich 0·39 *g*.

Auch die mit anderen Pflanzen, z. B. *Acalypha tricolor, Pterocarpus saxatilis, Cedrela serrulata, Ficus elastica* in Buitenzorg gemachten Versuche ergaben viel höhere Transpirationswerthe, als Haberlandt gefunden hat. Der Schlusssatz Giltay's lautet: „Ich kann also nicht anders, als meiner Meinung Ausdruck zu geben, dass wirklich die Transpiration in den Tropen nicht so gering ist, als man (i. e. Haberlandt) geglaubt hat, annehmen zu müssen."

Auch die Hypothese Haberlandt's, dass die Gleichzeitigkeit des üppigen Wachsthums und der geringen Transpiration ein schwerwiegendes Argument gegen die Bedeutung des Transpirationsstromes für den Transport der Bodennährstoffe sei, wird von Giltay angefochten.

In seiner Replik macht Haberlandt [333] gegen Giltay die Bemerkung, dass man die für Batavia ermittelten Feuchtigkeitsverhältnisse nicht für Buitenzorg gelten lassen kann, da Batavia ein trockeneres Klima hat; trotzdem gibt Haberlandt zu, dass die mittlere relative Feuchtigkeit in Batavia während der Hauptvegetationszeit 84·8% beträgt. Haberlandt vergleicht dann die Feuchtigkeitsverhältnisse in Buitenzorg mit denen in Graz, hält es aber — und dies ist bezeichnend — „wirklich für überflüssig, darauf noch näher einzugehen".

Darauf citirt Giltay [332] eine Stelle aus Haberlandt's „Tropenreise" (S. 115): „Die zahlreichen Transpirationsversuche, welche ich im Buitenzorger botanischen Garten anstellte, haben zu dem Ergebniss geführt, dass die Transpi-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



ration der Gewächse in dem feucht-warmen Klima Westjavas mindestens um das 2—3 fache geringer ist, als bei Pflanzen, die in unserem mitteleuropäischen Klima gedeihen." Ganz willkürlich wird also von Haberlandt das klimatische Verhältniss Buitenzorgs auf Westjava im Allgemeinen übertragen. Deshalb war Giltay im Recht, darauf aufmerksam zu machen, dass es in Westjava noch andere Klimate gibt, als dasjenige Buitenzorgs, welches fast eine Ausnahmsstellung in Bezug auf die jährliche Regenmenge einnimmt.

Haberlandt sagt weiter: „Ich kann daher in den Schlussergebnissen der Giltay'schen Versuche nicht nur keine Widerlegung meiner Ansicht betreffs der geringen Transpiration im feuchten Tropenklima finden, sondern muss betonen, dass jenes Ergebniss vielmehr zu Gunsten meiner Ansicht spricht (!!). In Tjibodas fand Giltay eine Transpiration von blos 0·39 *g*, also ansehnlich weniger als in Wageningen."

Giltay findet es nun sonderbar — und darin werden ihm Alle beistimmen —, wie Haberlandt dazukommt, die Ergebnisse in Tjibodas geradezu als Typus für das feuchte Tropenklima hinzustellen. Tjibodas liegt doch in ca. 1500 *m* Höhe, hat kühles Klima, eine relative Feuchtigkeit von 80—98 % (während der Giltay'schen Versuche im Mittel 92 %). Es ist daher für den Vergleich der Transpirationsverhältnisse Westjavas und Mitteleuropas unstatthaft, für ersteres Tjibodas zu substituiren.

Dann bemängelt es Haberlandt, dass Giltay seine Transpirationsversuche in Wageningen nicht im Hochsommer, sondern im Mai bis Juni ausführte. Im Juli und August hätte er — so glaubt Haberlandt — zweifellos höhere Resultate erhalten.

Giltay [332] theilt nun Transpirationsversuche mit, die er mit *Helianthus* zu Wageningen zwischen dem 14. Juli bis 24. Juli — also im Hochsommer — angestellt hat. Für den Juni waren die Mittelwerthe 0·51 *g* und 0·58 *g*, für Juli 0·57 und 0·61 *g*; diese Zahlen weichen also von dem früher erhaltenen Werthe 0·6 nicht wesentlich ab. Giltay bemerkt dazu ganz richtig, dass ja diese Zahlen keine constanten sind, denn in einem anderen Juli hätte er statt 0·6, ganz gut 0·5 oder 0·7 erhalten können. Einen richtigen Einblick in die thatsächlichen und daher allenfalls vergleichbaren Transpirationsverhältnisse könnte man doch nur durch jahrelang fortgesetzte Beobachtungen mit zahlreichen Pflanzen gewinnen.

Haberlandt wirft Giltay ferner vor, dass er seine *Helianthus*-Versuche in Wageningen gemacht hat, welches nicht zum mitteleuropäischen, sondern zum atlantischen Klima gehört. Um nun die volle Wahrheit über die Transpirationsverhältnisse von *Helianthus* im mitteleuropäischen Klima ans Licht zu bringen, theilt Haberlandt erstens eine Versuchsreihe von Unger und zweitens eine Anzahl eigener Versuche mit.

Der Unger'sche *Helianthus annuus* stand an einem schattigen Ort des Wiener Botanischen Gartens und wurde vom 23. Juni bis zum 8. Juli (1853) täglich gewogen. Die Blattoberfläche betrug am Beginn des Versuches 229 $cm^2$, am Ende 319 $cm^2$ Legt man der Berechnung eine mittlere Flächenausdehnung

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



von 274 $cm^2$ zugrunde, „so ergibt sich aus den von Unger ermittelten Daten ein Transpirationsverlust von 0·84 *g* pro Stunde und $dm^2$“, was gegenüber dem von Giltay für Buitenzorg und für Wageningen ermittelten Werthe (0·6) „eine ansehnlich stärkere Transpiration bedeutet“. Darnach hätte der Unger'sche *Helianthus* im Wiener Schatten viel mehr transpirirt als der Giltay'sche *Helianthus* in der Sonne Wageningens. Giltay hat dieses Räthsel leicht gelöst. Unger gibt, wie schon bemerkt, an, die Pflanze habe zu Anfang des Versuches acht entwickelte Blätter mit 229 $cm^2$ „Fläche“ gehabt. Haberlandt hat nun geglaubt, dass dies die ganze Blattoberfläche (Oberseite + Unterseite) sei, und Giltay fordert Haberlandt auf, einen *Helianthus annuus* zu suchen, dessen acht entwickelte Blätter eine Gesammtoberfläche von 229 $cm^2$ hätten. (Ein einzelnes Blatt würde dann durchschnittlich eine Flächenausdehnung von nur 14·3 $cm^2$ haben!) Da somit die in Rechnung genommene transpirirende Oberfläche: $274 \times 2 = 548\ cm^2$ betrug, so ergibt sich für die Transpirationsgrösse der Schattenpflanze Unger's 0·42 *g*, welcher Werth dem von Giltay für die Sonnenpflanze gewonnenen (0·60 *g*) nicht widerspricht.

Haberlandt theilt nun, da ihm die Unger'schen und Giltay'schen *Helianthus*-Pflanzen „zu jung“ waren, drei Versuchsreihen mit, die er in Graz mit „fast ausgewachsenen“ Pflanzen durchgeführt hat. Die betreffenden Freilandpflanzen wurden in Töpfe verpflanzt, diese in entsprechend verschlossene Zinkblechgefässe verschlossen und im botanischen Garten so aufgestellt, dass sie (an sonnigen Tagen) bis gegen 5 Uhr Nachmittags directes Sonnenlicht empfangen konnten. In der Nacht und während des Regens standen sie unter Dach. Die Transpiration betrug pro Stunde und $dm^2$ Blattfläche bei den drei Pflanzen: I. 0·73 *g*, II. 0·71 *g*, III. 0·75 *g*, im Mittel 0·73 *g*. Die Transpiration war also immer noch nach Haberlandt „ansehnlich mehr“, als die der Giltay'schen Pflanzen in Buitenzorg und Wageningen.

Allein in Wirklichkeit ist der Unterschied blos 0·13, und kürzt man (conform mit Giltay) auf eine Decimale (die zweite ist ja ohnehin nicht verbürgt), so reducirt sich die „ansehnliche Differenz“ auf 0·7—0·6 = 0·1 *g*. Kann man also vielleicht sagen, die Transpiration war in Mitteleuropa mindestens 2—3 mal grösser als im „feucht-warmen Tropengebiet“?

Was endlich den „Transpirationsstrom“ betrifft, so sagt Haberlandt in seiner Replik, dass alle Autoren (also auch Giltay) gegen seine (Haberlandt's) Ansicht aufgetreten sind und sich damit zugleich als Anhänger der Lehre von der hervorragenden Bedeutung des Transpirationsstromes für den Transport der Bodennährstoffe zu erkennen geben. Darauf erwidert Giltay: „Es ist dieser Ausspruch wieder ein Beweis, wie oberflächlich Haberlandt meine Schrift gelesen hat“, und bespricht neuerdings den Gegenstand für den Fall, als seine früheren Auseinandersetzungen nicht verstanden worden wären.

Wie bedeutend die Transpiration in Buitenzorg sein kann, geht aus den nachfolgenden, an Ort und Stelle gemachten Beobachtungen Wiesner's [326] hervor. Derselbe liess (zum Zweck Studiums der Regenwirkungen) gesunde Pflanzen von *Coleus, Adianthum, Jatropha, Mimosa* eintopfen und die Töpfe

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



im Boden eingraben. Die Pflanzen hielten sich gut. Der 29. December war ein vollkommen regenfreier Tag, der Vormittag war sonnig und am Mittag war die Sonne vollkommen unbedeckt. An diesem Tage gingen alle Versuchspflanzen (welche an demselben Tage auch nicht begossen wurden) durch Verdorren zu Grunde. Eine zweite Versuchsreihe mit denselben Pflanzen begann am 30. December; sie hielten sich sehr gut bis zum 16. Jänner, einem regenlosen, zum Theile sonnigen Tage, an welchem alle Versuchspflanzen den Zustand des höchsten Welkens darboten, *Adianthum* aber vollkommen vertrocknete.

„Ich führe", sagt Wiesner, „dies besonders an, weil noch immer die Meinung verbreitet ist (wohl nur bei Haberlandt), dass im heiss-feuchten Tropengebiete die Transpiration sehr gering ist. Die angeführte Beobachtung lehrt aber, welch' enorme Transpiration selbst bei der hohen Luftfeuchtigkeit in den Tropen sich einstellen kann, und sich immer einstellt, wenn die Organe insolirt sind. Man denkt bei der Beurtheilung der Transpirationsverhältnisse der Pflanze des heiss-feuchten Tropengebietes gewöhnlich nur an die dort herrschende, zumeist enorm hohe Luftfeuchtigkeit und übersieht die von mir schon seit langer Zeit constatirte Steigerung der Verdunstung grüner Pflanzentheile im Lichte infolge Umsetzung des in das Chlorophyll einstrahlenden Lichtes in Wärme."

Diese Beobachtungen Wiesner's habe ich in meiner Gegenschrift angeführt. Haberlandt erwidert in der Replik: „Lässt sich daraus auch nur die geringste Folgerung betreffs der Grösse der Transpiration unter normalen Verhältnissen an den natürlichen Standorten der betreffenden Pflanzen ableiten? Ebenso gut könnte Burgerstein eine vor Nässe triefende Hymenophyllacee aus dem Urwalde heraus in die Sonne stellen, sie noch dazu recht trocken halten und aus ihrem Verdorren den Schluss ableiten, dass auch die Hymenophyllaceen enorm stark transpiriren können."

Gewiss würde ich das sagen, aber auch beifügen, dass ein solches Experiment gar keinen Werth hätte, weil eben die Transpiration einer derartigen Hymenophyllacee an ihrem natürlichen Standorte nur sehr gering sein kann, und dieselbe an sonnigen Standorten, an denen so viele Tropenpflanzen vorzüglich gedeihen, ehestens zu Grunde gehen müsste.

Ich habe dann [315] mit Angabe der Licht-Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse zwei Versuchsreihen (Transpirationsbestimmungen) angeführt, die Wiesner in Buitenzorg mit bewurzelten Reispflanzen ausgeführt hat; ferner je eine Versuchsreihe mit Blättern von *Amherstia nobilis*, die ebendort von Wiesner und von Figdor gemacht wurden. Die beiden Autoren haben mir ihre Beobachtungen freundlichst zur Publication überlassen. Aus denselben geht der mächtige Einfluss der Insolation bei gleichzeitig grosser Luftfeuchtigkeit auf die Transpiration hervor. Hätte daher Haberlandt seine Versuche anders gemacht (bewurzelte Pflanzen, freie Exposition, längere Versuchsdauer), so wäre er zu anderen, der Wahrheit näher stehenden Resultaten gekommen.

Wenn mir Haberlandt vorwirft, dass ich die von Wiesner-Figdor ermittelten Transpirationsgrössen mit den von Haberlandt in Buitenzorg fest-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



gestellten verglichen habe, statt dass ich, „was allein richtig gewesen wäre, die Transpirationsgrösse besonnter Pflanzen in unserem Klima herangezogen hätte", so bemerke ich, dass es sich mir ja gar nicht darum handelte, festzustellen, um wie viel die Transpiration in Mitteleuropa grösser oder kleiner ist, als im heiss-feuchten Tropengebiete, sondern dass ich nur darauf hinweisen wollte, dass die von Haberlandt berechneten Zahlen mit Rücksicht auf seine Versuchsanstellung eine richtige Vorstellung von den thatsächlichen Transpirationsverhältnissen im heiss-feuchten Tropengebiete zu geben nicht im Stande sind. Ich habe insbesondere darauf hingewiesen, dass eine hohe relative Luftfeuchtigkeit bei verdunkelten oder beschatteten Pflanzen (z. B. unter einem matten und mit Schlinggewächsen bedeckten Glasdach) die Transpiration bedeutend deprimiren kann, dass aber dieselbe hohe Luftfeuchtigkeit für insolirte Pflanzen von sehr untergeordneter Bedeutung ist. Das hat Haberlandt nicht abgeleugnet, ebenso wie er nicht behaupten könnte, dass es unmöglich ist, in einer Waschküche bei einer Luftfeuchtigkeit von 100% Wasser zum Sieden (und Verdampfen) zu bringen.

Die Heranziehung besonnter Pflanzen ist nicht meine, sondern wäre die Aufgabe Haberlandt's gewesen; er hätte dann wahrscheinlich nicht gefunden, dass die Transpiration in Buitenzorg mindestens 2—3mal schwächer ist als in Graz.

Haberlandt erwidert gegenüber Stahl, Giltay und mir, „er habe bei seinen Versuchen in erster Linie an die Laubblätter im tropischen Urwald gedacht". Wenn das wahr ist, warum hat er es nicht gleich gesagt, und warum spricht er dann bei Zusammenfassung seiner Resultate vom „feucht-warmen Klima Westjavas", oder noch allgemeiner vom „feucht-warmen Tropenklima"? Bestehen denn die feucht-warmen Tropengegenden aus lauter Urwäldern?

Haberlandt bespricht dann die Reisversuche Wiesner's und wirft mir vor, dass ich den thatsächlichen Transpirationsverlust innerhalb der einzelnen Zeiträume nicht angegeben habe. Darauf bemerke ich, dass dies erstens überflüssig ist, und zweitens, dass sich aus den von mir mitgetheilten Daten die gewünschten Werthe sofort leicht berechnen lassen. Wenn z. B. in meiner Tabelle angegeben ist, dass während der Versuchszeit von $7^h\ 20'$ a. m. bis $10^h\ 10'$ a. m. die Transpiration pro Stunde 7·45 *g* betrug, so ergibt sich nach der Proportion: $60' : 170' = 7{\cdot}45\,g : x$, dass $x$, i. e. der Transpirationsverlust innerhalb des Zeitraumes 21·11 *g* war.

Zum Vergleiche der Wiesner'schen Reisversuche in Buitenzorg stellte Haberlandt ähnliche Versuche mit fünf Reispflanzen im Grazer botanischen Garten an. Die Lebendgewichte der transpirirenden Theile betrugen: 0·35, 0·75, 1·86, 3·10, 3·39 *g*; die pro Stunde und 100 *g* berechneten Wasserverluste waren: 177·1, 106·7, 52·6, 47·7, 58·4 *g*.

Vergleichen wir nun die Resultate von Wiesner und Haberlandt: Für Wiesner's Reispflanze *A* berechnete sich die Transpiration in der Sonne pro Stunde und 100 *g* Lebendgewicht (der transpirirenden Theile) auf 49·16 *g*; für die Reispflanze *B* bei der ersten Sonnenexposition auf 82·08 *g*, bei der zweiten auf 47·64 *g*. Dieser Unterschied (82 und 47) ist allerdings, wie Haberlandt

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



richtig bemerkt, auffallend. Allein eliminiren wir die Zahl 82·08, da in ihr möglicherweise irgend ein Versehen während des Versuches involvirt sein kann (ihre Beibehaltung würde ja ohnedies zu Ungunsten Haberlandt's in die Wage fallen), so ergibt sich als Mittel zwischen 49·16 und 47·64 *g* der Werth von 48·4 *g* als durchschnittliche Transpirationsgrösse der Wiesner'schen Reispflanzen in Buitenzorg pro Stunde und 100 *g* Lebendgewicht bei directer Insolation.

Ziehen wir nun aus den Haberlandt'schen Berechnungen das Mittel der drei älteren Reispflanzen, denn nur diese sind den Wiesner'schen Ergebnissen gegenüberstellbar, so resultirt ein Werth von (52·6 + 47·7 + 58·4) : 3 = 52·9 *g*, der von der Wiesner'schen Zahl (48·4) wenig differirt. Die meteorologischen Factoren waren:

Haberlandt: T. = 18·5—22·3° C.; rel. Feucht. 45—56%.
Wiesner: T. = 25·5—28·5° C.; rel. Feucht. 72—73%.

Es ergibt sich daher für Reispflanzen in Buitenzorg bei höherer Lufttemperatur und gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit nahezu derselbe Transpirationswerth wie in Graz bei niedrigerer Temperatur und Feuchtigkeit, also wesentlich dasselbe Resultat, welches Giltay bezüglich *Helianthus* gefunden hatte.

Haberlandt führt dann neue Versuche mit Gramineenhalmen und beblätterten Zweigen einheimischer Laubhölzer des Grazer botanischen Gartens an. Ich gehe weiter nicht darauf ein, da es keinen Sinn hat, die Transpiration z. B. einer epiphytischen Orchidee in Buitenzorg mit der eines Haselstrauches in Graz zu vergleichen.

In seiner ersten Abhandlung gibt Haberlandt [275] an, dass bei den Gewächsen des javanischen Flachlandes „so häufig Einrichtungen vorhanden sind, welche auf Transpirationsschutz im weitesten Sinne des Wortes hindeuten". Aber welchen Zweck sollen so viele Schutzeinrichtungen haben für Pflanzen, welche mindestens 2—3mal weniger transpiriren als die Gewächse Mitteleuropas und selbst im Falle einer ebenso grossen Wasserausgabe wie in Mitteleuropa das Deficit aus dem wasserreichen Boden leicht ersetzen können? Darauf antwortet Haberlandt: „Wenn auch die Gesammttranspiration relativ gering ist, so erreicht doch die Transpiration in den wenigen, sonnigen Vormittagsstunden namentlich bei directer Insolation so beträchtliche Werthe, dass die Gefahr des Welkens (trotz der Schutzeinrichtungen) sehr nahe gerückt ist." Ferner schreibt Haberlandt in seiner „Tropenreise" (S. 77): „Die Laubkronen waren stark gelichtet, einzelne Bäume gänzlich verdorrt (also nicht nur Hymenophyllaceen aus dem Urwald), die Stengel und Blätter der Epiphyten derart eingeschrumpft, dass ihre Wiederbelebung ausgeschlossen schien." — Wie man dann die Gesammttranspiration feucht-warmer Tropengebiete so gering schätzen kann, weiss ich mir nicht zu erklären. Soll vielleicht die Qualität der in Buitenzorg unter dem Schutze des matten Glasdaches gemachten Versuche zu diesem Schlusse berechtigen?

Der fünfte Autor, der bis jetzt gegen Haberlandt auftrat, ist Stenström [305]. Es mag wohl fraglich sein, sagt Letzterer, ob man die Transpiration, vor Allem die tropische, nach einigen Versuchen, die im Schatten

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



geschehen sind, beurtheilen kann? Stenström citirt dann verschiedene Stellen aus Haberlandt's „Tropenreise", aus denen hervorgeht, dass das tropische Laubblatt „vorzugsweise dem intensiven, tropischen Sonnenlichte angepasst zu sein scheint". Es darf dann Niemand Wunder nehmen, fährt Stenström fort, dass die Transpiration im Schatten (darunter ist der Pavillon mit dem matten Glasdach gemeint) ein Minimum wird und sogar unvortheilhafter ausfällt, als bei Pflanzen in unserem Klima unter gleichen Verhältnissen; denn um das dickwandige, langlebige tropische Laubblatt sozusagen wach zu rütteln, ist ein bedeutend stärkerer Impuls erforderlich, als bei unseren anders gebauten, kurzlebigen Laubblättern. Hätte Haberlandt die Transpiration tropischer Pflanzen mit der europäischer Gewächse mit sempervirenten statt mit abfallenden Blättern verglichen, so würden sich die Verhältnisse gewiss ganz anders gestaltet haben. Auch ist nach Stenström nicht zu vergessen, dass Buitenzorg einer der regenreichsten Orte ist, wozu noch kommt, dass Haberlandt die dortigen Transpirationsverhältnisse gerade während der Regenzeit „studirte".

Auf die Duplik von Giltay liess Haberlandt [341] die „Erwiderung" folgen. Dieselbe beginnt mit folgenden Worten: „Auf die polemischen Ausführungen E. Giltay's habe ich, da durch dieselben die in meiner Arbeit „Ueber die Grösse der Transpiration im feuchten Tropenklima" mitgetheilten Thatsachen nicht die geringste Widerlegung erfahren haben, (?) nur wenig zu erwidern." — Aber Giltay hat ja die Richtigkeit der von Haberlandt mitgetheilten „Thatsachen" gar nicht bestritten. Weder die Transpirationsgrössen der in Buitenzorg unter dem matten Glasdach aufgestellten Zweige und Blätter, noch jene der Grazer Pflanzen, noch auch die meteorologischen Angaben. Was aber Giltay (und Andere) eingewendet haben und was Haberlandt nicht widerlegt hat, war, dass man das Klima von Buitenzorg nicht mit dem Klima von ganz Westjava oder mit dem feucht-warmen Tropengebiete überhaupt identificiren kann, und dass die Versuche Haberlandt's nach der ganzen Art ihrer Ausführung zu der stricten Behauptung, „dass die Transpiration in einem feucht-warmen Tropenklima mindestens um das Zwei- bis Dreifache hinter den Transpirationsgrössen, wie sie in unserem Klima gewöhnlich sind, zurückbleibt," nicht berechtigen.

Auf die Aeusserung Haberlandt's: „Bei der Grösse der Transpiration im feuchten Tropenklima und bei uns in Mitteleuropa handelt es sich zunächst nicht um theoretische Betrachtungen, sondern um die directen Versuchsresultate", antwortet Giltay in seiner „Gegen-Erwiderung" [348], dass Haberlandt diesbezüglich ganz Recht hat, dass es aber für die Brauchbarkeit der Resultate auch darauf ankommt, wie die Versuche ausgeführt werden.

Dass aber die Haberlandt'schen Versuche in Buitenzorg eine richtige Vorstellung von den thatsächlichen Transpirationsverhältnissen im „feucht-warmen Tropengebiete" zu geben nicht im Stande sind, wird Haberlandt jetzt schon vielleicht selbst empfinden.

Haberlandt vertheidigt noch immer die Ansicht, dass die Transpiration im feucht-warmen Tropengebiete wegen der hohen relativen Luftfeuchtigkeit

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



gering sein müsse. Aber Giltay macht darauf aufmerksam, dass die Transpiration weniger durch die Luftfeuchtigkeit als vielmehr durch das Sättigungsdeficit der Luft beeinflusst werde, das bei der hohen Temperatur in den Tropen relativ gross ist. Haberlandt hat Giltay auch den Vorwurf gemacht, dass Letzterer bei Berechnung der Wasserdampf-Deficitzahlen für Paris und Batavia die Nachtzeit ausgeschaltet habe; dies wäre — meint Haberlandt — zulässig für die Tropen, „wo die Transpiration in der Nacht ganz oder fast ganz sistirt ist" (!), nicht aber für Mitteleuropa. Giltay hat nun nachträglich auch für die Nachtzeit die Deficitzahlen berechnet und für Paris (1883—1892) 1·9, für Batavia (1886—1895) 2·07 gefunden. Es fehlt also zu Batavia trotz der „enormen Luftfeuchtigkeit" mehr an der Sättigung der Luft mit Wasser als in Paris.

Wohl ganz irrelevant für die in Frage stehenden Transpirationsgrössen ist der folgende Einwand Haberlandt's. Giltay fand, wie schon erwähnt, in Buitenzorg für *Helianthus annuus* die Transpirationszahl von 0·6 *g* pro Stunde und $dm^2$ Blattfläche, Haberlandt in Graz 0·73 *g*. Die Differenz wäre also 0·13 *g*. Giltay hat nun mit Vernachlässigung der zweiten Decimale die Differenz gleich 0·1 angenommen. Haberlandt fordert in seiner „Erwiderung" die Abrundung nach oben, also 0·75, wodurch sich zwischen ihm (Graz) und Giltay (Buitenzorg) die „ansehnliche" Differenz von 0·15 *g* = 21 % ergibt.

Aber es muss Jeder, der eine nur halbwegs grössere Zahl von Transpirationsversuchen gemacht hat, zugeben, dass es in diesem Falle ganz gleichgiltig ist, ob man 0·73 auf 0·70 oder auf 0·75 abrundet. Denn die Zahl 0·73 *g* ist keine constante, weil ein zweiter Versuch mit einem anderen *Helianthus*-Individuum oder in einer anderen Vegetationsperiode ebenso gut den Werth 0·6 oder 0·8 ergeben könnte. Wäre aber, um auf den Kern der Frage zu kommen, die Transpiration in Mitteleuropa mindestens 2—3mal grösser als im feucht-warmen Tropengebiete, dann müsste der Transpirationsunterschied von *Helianthus* in Buitenzorg und in Graz, wie Giltay bemerkt, nicht 21, sondern 200—300 % betragen. Ich glaube, dass, wenn etwas in der „Erwiderung" zu Gunsten Haberlandt's spricht, dies der Schlusssatz ist, in welchem Haberlandt erklärt, dass er sich mit Giltay in weitere Discussionen nicht einlasse.

Zum Beweise, dass in Mitteleuropa auch Nachts eine ausgiebige Transpiration stattfinden kann, citirt Gottlieb Haberlandt die Versuchsresultate seines Vaters (Friedrich Haberlandt) mit Getreidepflanzen, und zwar die Transpirationsgrösse pro $dm^2$ in einer Tagesstunde, einer Morgen-Abendstunde und einer Nachtstunde. Giltay findet [347], dass Gottlieb Haberlandt schlecht gerechnet und die Zahlen 5—6mal zu hoch angegeben habe. Ich habe deshalb aus den Originaltabellen Friedrich Haberlandt's die sich für eine Tages-, respective Nachtstunde ergebenden Transpirationszahlen ausgerechnet, und bemerke, dass ich dieselben Zahlen bekam wie Giltay.

Friedrich Haberlandt hat zu seinen Transpirationsversuchen Cerealien (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer) verwendet, die aus dem Boden gehoben und nach vorsichtiger Reinigung der Wurzeln von der anhaftenden Erde mit diesen in mit Wasser gefüllte Glascylinder versenkt wurden.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Giltay hat nun zwei grössere Versuchsreihen mit Roggenpflanzen durchgeführt; die eine conform mit Fr. Haberlandt, die andere mit in Töpfen eingewurzelten Pflanzen. Glascylinder und Blumentöpfe waren noch in Zinktöpfen eingeschlossen, die vor Insolation geschützt waren. Der Transpirationsverlust wurde vom 23. Mai bis 9. Juli in fünf Versuchen von je einer Woche Dauer durch Wägung bestimmt. Es ergab sich, dass erstens die im Boden wurzelnden Pflanzen höhere Transpirationswerthe zeigten (1·08 gegen 0·52 für den Tag, 0·19 gegen 0·12 für die Nacht) als die im Wasser wurzelnden Exemplare, und zweitens, dass die Transpiration bei den Pflanzen mit Bodenwurzeln während der ganzen Versuchsdauer mit dem Wetter auf- und abwärts ging, während bei den in Wasser gestellten Exemplaren die Verdunstung ziemlich regelmässig und constant abnahm, wie auch diese „Wasserpflanzen" nicht dieselbe Frische bewahrten, wie die Topfpflanzen. Giltay kommt daher zu der Ueberzeugung, dass aus dem Boden gehobene und in Wasser gestellte Pflanzen für quantitative Transpirationsbestimmungen und eine längere Versuchsdauer nicht geeignet sind.

Giltay vergleicht dann die Resultate seiner Versuche (mit Topfpflanzen) mit den der Haberlandt'schen (beiderseits Roggen), woraus sich ergibt, dass Giltay bedeutend höhere Transpirationswerthe erhalten hat. Das Verhältniss der Tages- und Nachttranspiration war bei Friedrich Haberlandt wie 2·6 : 1; Giltay fand das Verhältniss gleich 5·7 : 1.

Haberlandt [341] kommt dann noch einmal auf die Unger'sche *Helianthus*-Pflanze zu sprechen und will aus zwei Citaten aus Unger deduciren, das Letzterer (mit 229 $cm^2$) die wirkliche Oberfläche, also das Flächenmass der Oberseite plus der Unterseite der Blätter in Rechnung nahm, während Giltay behauptet, dass Unger nur die Grösse der einfachen Blattfläche gemeint hat. Giltay [348] erwidert darauf, dass nach dem Wortlaut jener zwei Citate Haberlandt ebenso wie Giltay Recht haben kann.

Liest man Unger's Abhandlung genau durch, so weiss man wirklich nicht, was Unger unter den verschiedenen Ausdrücken: „Flächenausdehnung", „Flächenmass", „Blattfläche", „Oberfläche" gemeint hat. Auffallend ist, dass Unger bei seiner präcisen Schreibweise wohl angibt (S. 195), dass man nach Abzeichnung des Blattrandes auf eine matte, in Quadratdecimeter (soll vielleicht heissen Quadratcentimeter) getheilten Glastafel „den Umriss und das damit verbundene Quadratmass der Blätter" hat, dagegen nicht beifügt, dass man dieses Quadratmass mit zwei zu multipliciren hat. Auch die Angabe Unger's, dass die *Helianthus*-Pflanze „acht entwickelte Blätter mit 229 $cm^2$ Fläche besass", spricht dafür, dass damit nur der Flächeninhalt und nicht die wirkliche Oberfläche gemeint ist. Uebrigens ist selbst in diesem Falle die Zahl 229 $cm^2$ eine auffallend kleine. Ich habe bei erwachsenen *Helianthus*-Pflanzen (im Herbste) Blattmessungen vorgenommen; die jüngsten Blätter bedeckten eine Fläche von durchschnittlich 100 $cm^2$, die älteren eine solche von 200 $cm^2$, die ältesten und grössten von 300 $cm^2$ pro Blatt!

Schliesslich sei, um Missverständnissen vorzubeugen, noch einmal bemerkt, dass es sich den Autoren, die contra Haberlandt geschrieben haben, nicht

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



darum gehandelt hat, zu erfahren, um wie viel die Transpiration im feucht-warmen Tropenklima grösser oder kleiner ist als im mitteleuropäischen Klima, sondern lediglich darum, darzuthun, dass Haberlandt's Transpirationsversuche ihn zu den aus denselben gezogenen Schlüssen nicht berechtigten. Denn darin stimmen wohl Alle überein, dass es nicht angeht, die für ein paar Tage ermittelte Transpirationsgrösse von abgeschnittenen Zweigen oder Blättern einiger weniger Pflanzenarten für die thatsächliche Jahresleistung eines ganzen Vegetationsgebietes zu substituiren.

## XII. Verschiedene Transpirations-Beobachtungen: Orchideentriebe, Pfropfreiser, Blüthenknospen, Gerstenähren, Samen, gebrühte Sprosse, winterlich entlaubte Zweige, japanische Sempervirenten.

Nabokich [344] bestimmte (durch Wägung) die Verdunstung und Wassereinsaugung von Orchideentrieben, die mit ihren Luftwurzeln in mit Wasser gefüllte Gefässe tauchten. Während der fünftägigen Versuchszeit übertraf bei *Dendrobium nobile, Cattleya Trianae, Oncidium altissimum* die Wasseraufnahme die Transpiration auch an sonnigen Tagen. Wie Verfasser an *Laelia anceps* zeigte, erfolgen Aufsaugung und Verdunstung bis zu einem gewissen Grade unabhängig von einander.

Daniel [283] wollte die Transpiration von Pfropfreisern beobachten. Von einer Versuchsbohne stand *a)* eine in den Spalt gepfropfte Pflanze in freier Luft; *b)* eine zweite unter einer Glasglocke; *c)* eine ungepfropfte Controlpflanze frei. Nach drei Tagen vertrocknete Pflanze *a;* bis dahin transpirirte die Controlpflanze etwa dreimal mehr als die gepfropfte, frei aufgestellte, und etwa sechsmal mehr als das gepfropfte, unter der Glocke stehende Exemplar. — Ein anderes Resultat ergab ein mit drei analog adjustirten Kohlpflanzen durchgeführter Versuch.

Curtel [272] studirte die Transpiration von Blüthenknospen während ihrer Entfaltung. Abgeschnittene, langstielige Blüthenknospen von *Galtonia candicans, Fuchsia coccinea, Anemone japonica* wurden mit dem Blüthenstiele in mit Wasser gefüllte Fläschchen getaucht und deren Mündung luftdicht verschlossen. Die Pflanzen standen im diffusen Licht; die Transpiration wurde durch directe Wägung ermittelt und auf 1 *g* Lebendgewicht reducirt. Hier nur ein Beispiel: Wasserverlust bei *Galtonia* in Milligramm: Sehr junge Knospe 124, etwas ältere 70, noch grössere 36, sehr grosse 81, entfaltete Knospe 112. Die Transpiration ist bei sehr jungen Knospen intensiv, vermindert sich dann, um bei weiterer Knospenentwicklung bis zur Blüthenentfaltung zu steigen. Diese hohe Verdunstungsfähigkeit hält dann bis zum Tod der Blüthe an.

Die mit begrannten und entgrannten Aehren von *Hordeum distichum* (nach der Methode der directen Wägung) ausgeführten Transpirationsversuche von Zoebel und Mikosch [281] ergaben folgende Resultate: 1. Die Grannen

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



der Aehre sind Transpirationsorgane; die normal begrannte Gerstenähre transpirirt unter gleichen Verhältnissen circa 4—5 mal mehr Wasser als die entgrannte. Die Transpiration der Gerstenähre verläuft ähnlich wie die der ganzen Pflanze mit einer Periodicität, auf welche insbesondere das Licht einen wesentlichen Einfluss ausübt. (Das Maximum liegt in den Vormittags-, das Minimum in den Abendstunden.) Der Antheil, den die Aehre an der Transpiration nimmt, entspricht zur Zeit ihrer Function etwa der Hälfte der Gesammttranspiration der Pflanze. Infolge der stärksten Transpiration zur Zeit des grössten Saftzuflusses kann angenommen werden, dass die Transpirationssteigerung der Grannen zur normalen Entwicklung der Frucht in Beziehung steht.

Coupin [282] wollte zeigen, dass der allmälige Wasserverlust reifer, von der Mutterpflanze abgetrennter Samen nicht eine (physikalische) Evaporation, sondern eine (physiologische) Transpiration sei. Frische *Phaseolus*-Samen verloren nämlich in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft an Gewicht; der Verlust betrug in 124 Stunden 3·13 *g* Wasser pro 100 Samen. Wurden aber vorher die Samen durch heissen Wasserdampf getödtet oder wurden sie chloroformirt, so gaben sie in derselben Zeit viel grössere Wassermengen ab als lebende und normale. Im Lichte verloren Samen rascher Wasser als im Dunkeln; das „Dessicationsmaximum" erfolgte im Lichte nach 312 Stunden, im Dunkeln nach 476 Stunden.

Es ist fraglich, ob der Versuchsraum 124 Stunden lang continuirlich mit Wasserdampf gesättigt war, umso mehr, als Coupin den Versuch nach dieser Zeit unterbrechen musste, weil die Samen sich anschickten zu keimen. Waren ferner im Licht und im Dunkeln Temperatur und Luftfeuchtigkeit gleich? Der Verfasser macht keine präcisen Angaben über die Versuchsmethode.

Böhm [271] hat die Behauptung aufgestellt und zu begründen versucht, dass bei der Bewegung des Transpirationsstromes osmotische Saugung gar keine Rolle spielt. Einen „unanfechtbaren Beweis" für seine Ansicht erblickt Böhm in der Thatsache, dass gebrühte Sprosse fortfahren, lebhaft Wasser aufzunehmen und abzugeben, wie sich aus einigen Versuchsreihen mit gebrühten und nicht gebrühten Zweigen von Laub- und Nadelhölzern ergab, bei denen die Tages- und Nachttranspiration ermittelt wurde. Die Sprosse wurden im heissen Wasser gebrüht, die der Coniferen *(Abies pectinata, Pinus silvestris* und *Laricio)* ausserdem, um die Wachsschichte von den Blättern zu entfernen, in Petroleumäther gewaschen, worauf die „Transpiration eine enorme" war. Bei den Versuchen mit *Salix fragilis* standen bewurzelte Stecklinge in 2%iger Sublimat-, 5%iger Oxalsäure, 10%iger Salpeterlösung; bei *Acer campestre* waren die Blätter des gebrühten Sprosses am dritten Tage „grösstentheils dürr; gleichwohl verdunstete dieser Spross noch am letzten (siebenten) Versuchstage intensiver als der Controlspross" u. dgl. m. — Kurz diese ganzen Transpirationsversuche haben nach meiner Ansicht gar keinen Werth und sind gewiss nicht beweisend für die von Böhm dogmatisch ausgesprochene — übrigens unrichtige — Behauptung, dass bei der Wasserbewegung in der Pflanze die Osmose gar keine Rolle spielt.

Kny [353] hatte festgestellt, dass die abgeschnittenen Enden winterlich entlaubter Holzpflanzen nach Verschluss der Schnittfläche bei mehrtägigem Liegen

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



in einem kühlen Raume (Temp. 7—15° C.) erhebliche Mengen von Wasser verdunsten. Bei *Syringa vulgaris, Fraxinus excelsior, Acer Pseudoplatanus* und *Ulmus scabra* war der Verdunstungsverlust an Internodiumstücken verhältnissmässig erheblich grösser als an Knospen. Bei *Carpinus Betulus* und *Aesculus Hippocastanum* war nur ein geringer Unterschied zwischen beiderlei Theilen bemerkbar. Bei den Knospen von *Syringa, Fraxinus* und *Aesculus* war der Wasserverlust deutlich grösser, wenn die unter ihnen befindlichen Blattnarben unbehindert verdunsten konnten, als wenn sie verkittet waren. Es ist also kein Zweifel, dass die einjährigen Zweige der entlaubten Holzgewächse während eines sehr trockenen Winters ziemliche Wassermengen durch Transpiration verlieren können, während die Saftzuleitung vom Stamme her minimal ist. Da aber Kny gleichzeitig constatirt hatte, das solche Zweige im Stande sind, tropfbar flüssiges Wasser von aussen (die Schnittfläche ausgeschlossen) aufzunehmen, so hat diese Aufnahmsfähigkeit zur Zeit eines längeren Winterregens oder der Schneeschmelze physiologische Bedeutung für die Pflanze.

Um die Transpirationsgrösse immergrüner Pflanzen während der Wintermonate in Mitteljapan kennen zu lernen, stellte Kusano [342] im Winter 1898—1899 Beobachtungen in Tokio an. Die im Freien stehenden Topfpflanzen (neun Laubhölzer und fünf Nadelhölzer) wurden täglich einmal gewogen. Das Verhältniss der Transpirationsgrösse der untersuchten Laub- und Nadelhölzer war gleich 2 : 1 bezogen auf gleiches Blatt-Frischgewicht, und gleich 1·5 : 1 bezogen auf gleiches Blatt-Trockensubstanzgewicht.

Vergleichende Bestimmungen über die Verdunstungsgrösse bebauter und unbebauter Bodenflächen wurden von Alessandri [248] und von Maxwell [350] ausgeführt.

## XIII. Schutz- und Förderungsmittel der Transpiration.

Bekanntlich hat man zahlreiche, theils anatomische, theils physiologische Eigenthümlichkeiten der Pflanzen kennen gelernt, die als Schutzmittel gegen einen zu starken, die Pflanze schädigenden Wasserverlust angesehen werden müssen, oder die neben Transpirationsschutz noch anderen Zwecken dienen, wie zum Schutze gegen Chlorophyllzerstörung im Sonnenlichte. In meinen „Materialien" habe ich viele solche Einrichtungen systematisch zusammengestellt (II. Th., S. 454ff.). Seither wurde wieder Manches in dieser Richtung veröffentlicht.

Altenkirch [287] beschreibt die Flora der „Bosel" (ein Granitfels des Spaargebirges südöstlich von Meissen). Auf diesem trockenen, von granitischem Gerölle und Sand bedeckten, im Hochsommer von den Sonnenstrahlen stark erhitzten Hügel gedeiht eine reichhaltige Flora. Altenkirch verglich nun die Organisation verschiedener Boselpflanzen mit denselben oder mit verwandten Arten einer benachbarten Wiesentrift und fand folgende Schutzeinrichtungen gegen starken Wasserverlust der Boselpflanzen: *a)* anatomische Hilfsmittel: Starke Entwicklung der äusseren Epidermiswand und Cuticula, dichtere Haarbekleidung, geringere Zahl und vertiefte Lage der Spaltöffnungen, Kleinheit der

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Athemhöhlen, starke Entwicklung des Pallisadenparenchyms; *b)* chemischer Schutz im Zellsaft: Schleim, Gummi, Apfelsäure; *c)* starke Ausbildung der Wurzeln oder Rhizome zur Erreichung tieferer (feuchter) Bodenschichten; *d)* Beschleunigung der Vegetationsperiode.

Zur Bestimmung des Widerstandes gegen das Verwelken wurden Boselpflanzen *(Euphorbia Cyparissias, Rumex acetosella, Carex humilis, Centaurea pannonica, Peucedanum Cervicaria)* mit entsprechenden, auf einer diesem Geröllabhange anliegenden Wiesentrift wachsenden Pflanzen *(Euphorbia Cyparissias, Rumex acetosella, Carex* spec. div., *Centaurea jacea, Peucedanum Oreoselinum)* verglichen. Die abgeschnittenen Pflanzen wurden nach Bestimmung des Frischgewichtes in einem nach Norden gelegenen Zimmer ausgebreitet; nach je 12 Stunden wurde der Wasserverlust bestimmt. Hierbei ergab sich „die Ueberlegenheit und Stärke der Boselpflanzen im Ausharren bei Wassernoth". Das Verhältniss der Wasserabgabe zwischen Bosel- und Wiesentriftpflanzen betrug z. B. bei *Euphorbia Cyparissias* 1 : 1·5, bei *Rumex acetosella* 1 : 2·5.

Aus den zahlreichen diesbezüglichen Beobachtungen von Stahl [246] führen wir einige an: Wächst *Juniperus virginiana* in sonniger Lage, so sind die Zweige mit kurzen anliegenden Blättern versehen. In schattigen Lagen oder an Zweigen, die im Inneren der Büsche stehen, treten sehr häufig Zweige mit nadelförmigen, abstehenden Blättern auf. Bei den fiederspaltigen Blättern vieler Compositen und Umbelliferen geht mit der grösseren Flächenentwicklung im Schatten die Ausbreitung der Fiedern in einer Ebene Hand in Hand. An sonnigen Abhängen sind die Blätter von *Geranium sanguineum* alle ungefähr vertikal gestellt. Im Schatten stellen sich die Blätter senkrecht zum Lichte. Die Blattlage bedingt überhaupt grosse Unterschiede in der Tracht der Sonnen- und Schattenpflanzen. (Auf die anatomischen Unterschiede im Bau der Sonnen- und Schattenblätter haben wir schon hingewiesen.)

Schimper [260] theilt aus seinen biologischen Studien der javanischen Flora mit: „Hat man die obere Grenze der Nebelregion überschritten, so tritt man in kurzer Zeit aus einer Vegetation von ausgeprägt hygrophilem Charakter in eine solche, wo letztere ebenso ausgesprochen xerophil ist. Nicht der niederen Temperatur verdankt diese alpine Flora ihr höchst eigenartiges Gepräge, sondern den Schutzmitteln gegen Transpiration. Noch mehr xerophil ist der Charakter der Hochgebirgsvegetation im trockenen Ostjava. Beinahe alle Transpirationsschutzmittel sind hier zu finden, am seltensten (wegen des Fehlens der Succulenten) die Ausbildung von Wassergewebe. Schimper trägt auch kein Bedenken, die Eigenthümlichkeiten der europäischen Hochgebirgsflora — geringe Grösse der alpinen Sträucher, mächtige Wurzelbildung, Dickblättrigkeit, Behaarung — ebenso wie die der javanischen auf die durch Luftverdünnung und stärkere Insolation bedingte grössere Transpiration und die dadurch erschwerte Wasserversorgung zurückzuführen. Auch die derbe Structur der Blätter unserer immergrünen Holzpflanzen, die man als Schutzmittel gegen Kälte auffasst, ist nach Schimper ein Schutzmittel gegen zu starke Transpiration wegen erschwerter Wasseraufnahme.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Leist [257] und Bonnier [252] stimmen darin überein, dass die Aussenwand und die Cuticula der Epidermiszellen der Alpenblätter stärker entwickelt sind als bei denselben Pflanzen der Ebene, und auch Wagner hat es für viele Fälle bestätigt. Stenström [305] erblickt darin einen specifischen alpinen Charakter, den er sich „als durch vermehrte Transpiration und gesteigertes Bedürfniss nach Transpirationsschutz" erklärt.

Nach Rosenberg [351] sind die diesjährigen Blätter von *Ledum palustre*, *Oxycoccos palustris* u. A. breit und flach, ihre Blattränder sind nur leicht zurückgebogen; die vorjährigen Blätter haben stark zurückgebogene, oft eingerollte Blattränder. „Da die Regulirung der Transpiration in den mehrjährigen Blättern mit der Zeit gestört wird, sei es dadurch, dass die Spaltöffnungszellen weniger empfindlich werden, sei es infolge anderer anatomischer Veränderungen, so wird die Gefahr gegen Austrocknung grösser. Durch die Einrollung wird der Transpirationsschutz wieder hergestellt" (windstiller Raum).

Hinz [250] hat in einer grösseren Arbeit die Schutzeinrichtungen des Blattrandes studirt, nicht nur in Hinsicht auf die localmechanischen Verstärkungen, sondern auch in Beziehung auf die Anpassung an andere Functionen, wie locale Wasserspeicherung und Verminderung der localen Verdunstung.

Eine in tropischen Gegenden ziemlich verbreitete Erscheinung ist das Herabhängen der jungen, in Entfaltung begriffenen Blätter. Zur Prüfung der Frage, ob diese Lage eine Schutzeinrichtung gegen übermässige Transpiration darstelle, hat Stahl [285] Versuche mit Blättern von *Amherstia nobilis* und *Brownea coccinea* ausgeführt, und gefunden, dass die ausgewachsenen Foliolen, die ihre bleibende Stellung bereits eingenommen hatten, bei Insolation rascher vertrockneten als die noch jugendlichen zarten Hängeblätter, „welche also offenbar eines besonderen Schutzes gegen die transpirationssteigernde Wirkung der Sonnenstrahlen nicht bedürfen". Der Nutzen der Hängelage muss also ein anderer sein; Stahl betrachtet dieselbe als eine Anpassung an die starken Regengüsse der Tropen. „So lange die Blätter noch zart sind, können sie bei ihrer Hängelage von den fast immer vertikal niedergehenden Regentropfen nur unter sehr spitzen Winkeln getroffen werden. Die Aufrichtung erfolgt erst dann, wenn das ausgewachsene, fester gewordene Blatt besser im Stande ist, der Wucht des Regens zu trotzen."

Die Ansicht von Stahl ist gewiss nicht zutreffend. Denn nach den überraschenden experimentellen Versuchen von Wiesner [326] ist die mechanische Kraft auch des stärksten natürlichen Regens eine ausserordentlich geringe. Gerade zarte Blätter, die frei beweglich sind, können einerseits infolge der (ziffermässig festgestellten) äusserst geringen lebendigen Kraft der sie treffenden Regentropfen, andererseits infolge der enorm entwickelten Biegungselasticität viel heftigere Stösse, als sie der schwerste Regen auszuüben vermag, ohne Schaden ertragen.

Im Gegensatze zu Stahl kam Keeble [352], der in Paradenya die Bedeutung der Hängeblätter insbesondere bei den Caesalpiniaceen studirt hat, zu dem Schlusse — ich entnehme dies einem Referate im „Botanischen Jahres-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



bericht" —, dass die hängende Stellung die jungen Blätter dieser Bäume vor der Zerstörung des Chlorophylls durch das directe Sonnenlicht, sowie gegen zu starke Transpiration schütze. Dies scheint mir auch richtig zu sein, wie denn auch in anderen Fällen die Profilstellung der Blätter für sie einen Chlorophyll- und Transpirationsschutz bei Insolation bildet.

Die bei tropischen Gewächsen vorkommenden „Wasserkelche" (vergl. Cap. XIV) sind nach Treub, Lagerheim und Koorders Schutzmittel gegen Austrocknung der Blüthenknospen infolge starker Insolation.

Den überwinternden Knospen der sibirischen Holzpflanzen *(Rhododen drondahuricum, Crataegus sanguinea, Malus baccata, Lonicera caerulea, Betula alba)* droht wegen der Schwierigkeit der Wasseraufnahme die Gefahr des Austrocknens. Schostakovitsch [312] findet nun Schutzanpassungen dieser Knospen, die analog jenen sind, welche bei Xerophyten die Transpiration herabsetzen. Diese Schutzeinrichtungen bestehen hauptsächlich in einer starken Entwicklung der Cuticula, dichter Behaarung, harzigen Ausscheidungen.

Verschiedene Wüstenpflanzen scheiden ätherische Oele aus; sie schützen sich dadurch nach Volkens [232] vor zu starker Erwärmung und infolge dessen Wasserabgabe im Sonnenschein. Dagegen nimmt Dixon [330] an, dass die Dünste des ätherischen Oeles ähnlich wie Kohlensäure etc. durch Eindringen in die Intercellularen eine Verminderung der Transpiration herbeiführen. Einige von Dixon ausgeführte Versuche ergaben, dass durch die von *Artemisia Absinthium* ausströmenden Dünste die Transpiration bei Zweigen von *Syringa* und *Cytisus* herabgesetzt wurde.

Saftperiderm nennt Wiesner [262] ein direct aus dem Phellogen hervorgehendes, aus lebenden (saftführenden) Zellen bestehendes Dauergewebe. Bei der Kartoffelknolle entsteht aus dem Phellogen zuerst Saftperiderm, aus diesem das todte Periderm.

Ueber den Transpirationsschutz, den das Periderm den Kartoffelknollen bietet, haben schon Nägeli [62] und Eder [111] Beobachtungen mitgetheilt, die aber infolge Fehlerquellen wenig Werth haben. Sorgfältige diesbezügliche Bestimmungen wurden von Wiesner und von Poljanec gemacht.

Nach Wiesner [262] gab eine Kartoffel (T. 15—18° C.; rel. F. 65—78%) in je 24 Stunden: 0·27, 0·21, 0·20, 0·18, 0·16, 0·16% ihres Gewichtes an Wasser ab. Eine blos mit Saftperiderm bedeckte Kartoffel von fast demselben Gewicht verlor unter gleichen äusseren Bedingungen: 1·35, 0·84, 0·42, 0·31, 0·29, 0·27% Wasser, also bedeutend mehr. Der rasche Abfall der Transpirationsgrösse im zweiten Falle ist dadurch zu erklären, dass sich schon innerhalb 24—48 Stunden aus den peripheren Schichten des Saftperiderms todtes Wandperiderm bildet. — Poljanec [302] berechnete das Verhältniss der Wasserabgabe für dieselbe Oberfläche: Kartoffel mit ganzem Periderm, Kartoffel blos mit Saftperiderm, Kartoffel ohne Periderm = 1 : 4 : 200.

Welchen Einfluss die cutinisirte Epidermis auf die Transpirationsgrösse der Cacteen ausübt, ergab sich aus einer Beobachtung von Aubert [269, 270] mit einem halbirten Stammstück von *Opuntia maxima*. Jene Hälfte,

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



bei welcher die Epidermis (inclusive Hypoderm) abgezogen war, verlor per Quadrat-Centimeter in derselben Zeit 4·94mal mehr an Gewicht als die Hälfte mit intactem Hautgewebe.

Nach Müller (Thurgau) [276] ist die durch die Transpiration hervorgerufene Abkühlung der Pflanzen ein Schutzmittel gegen Sonnenbrand, wie sich aus der folgenden Beobachtung ergibt. Von zwei Weintrauben wurde je eine in ein Glasgefäss verschlossen; dann wurden die beiden Gefässe in einem Raum mit einer Temperatur von circa 45° C. aufgestellt. In jenem Gefäss nun, in welchem die Luft fortwährend feucht erhalten wurde, zeigte die Traube am Ende des Versuches verbrannte Beeren, während die Traube in dem anderen Gefäss, in dem die Luft fortwährend mittelst Chlorcalcium trocken erhalten wurde, gesund blieb, offenbar deshalb, weil sie sich infolge lebhafter Verdunstung mehrere Grade unter die Temperatur des umgebenden Raumes abzukühlen vermochte.

Borzi [307] bespricht die Wasseraufsaugung durch oberirdische Pfanzentheile, insbesonders durch die Innenseite der Blattscheiden der Caryophyllaceen und Umbelliferen. Bei manchen Gramineen, z. B. *Phragmites communis,* wird Wasser am Grunde der Blattspreite gesammelt, durch die Ligula filtrirt und von der Blattscheide absorbirt.

Die Pflanzen besitzen aber nicht nur Einrichtungen zur Herabsetzung der Transpiration, sondern auch solche, die sich als Förderungsmittel der Verdunstung zweckmässig erweisen.

Jungner hat darauf aufmerksam gemacht, dass in der Flora der regenreichen Kamerungebirge Blätter mit in eine lange Spitze auslaufenden Spreiten häufig vorkommen, und constatirte, dass bei solchen Blättern während oder nach einem Regen die Wasserableitung und Trockenlegung der Spreite rascher erfolgt, als bei Blättern ohne eine derartige Spitze.

Stahl [285] bestätigte durch eigene Beobachtungen, dass die „Träufelspitze" ein charakteristisches Merkmal der Pflanzen regenreicher Gegenden ist, und erkennt in der raschen Wasserableitung einen vierfachen Nutzen für die Pflanzen, darunter „Beförderung der Transpiration". Bei der grossen Luftfeuchtigkeit regenreicher Tropengegenden müsste die Transpiration („welche eine hauptsächliche Bedingung der Aufnahme mineralischer Nährstoffe ist") insbesondere bei den Pflanzen des schattigen Waldbodens sehr gering sein. Infolge der raschen Trockenlegung der Spreite kann die Transpiration besser vor sich gehen, als wenn die Blätter lange Zeit benetzt bleiben. Auch „können die dem Blatte zugeführten Wärmemengen, welche bei den nassen Blättern für die Verdunstung des aufliegenden Wassers verbraucht werden, an dem abgetrockneten Laube zur Verdampfung des Transpirationswassers Verwendung finden". Gegen die Stahlsche Auffassung von der Bedeutung der Träufelspitze hat Keeble [352] eingewendet, dass nach seinen (Keeble's) Erfahrungen diese Spitze an älteren Blättern, wo sie allein wirksam sein könnte, vertrocknet, während sie gerade zu einer Zeit am vollkommensten ausgebildet ist, wo sie noch nutzlos sein würde (?).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Darwin hat die Ansicht ausgesprochen, dass die nyctitropischen Blattstellungen der Pflanze den Vortheil gewähren, die Spreiten vor nächtlicher Ausstrahlung und dadurch vor Abkühlung zu schützen, aber auch beigefügt, dass diese Annahme nicht gelten kann für Pflanzen in warmen, frostfreien Gegenden. Stahl [304] hat nun die Ansicht geäussert, dass bei diesen Gewächsen die höhere Temperirung der schlafenden Blattspreiten, sowie der fehlende oder spärliche Thaubeschlag die Wasserabgabe begünstigt, und zwar sowohl während der Nacht selbst, als auch am Morgen, wenn die Blättchen wieder die Tagstellung angenommen haben. Denn während thaubedeckte Blätter, die von einer nahezu dampfgesättigten Atmosphäre umgeben sind, bei schwacher Zustrahlung nur wenig zu transpiriren vermögen, können die trockenen oder doch rasch trocknenden Spreiten ungehindert Wasser abgeben. Nach Stahl steht also die Nachtstellung der Spreiten von Pflanzen warmer Klimate im Dienste der Transpiration. Sie ist besonders bei Pflanzen verbreitet, die sich gegen starke Insolation durch Profilstellung der Spreiten schützen (Oxalideen, Leguminosen), und es bildet die erleichterte Wasserdampfabgabe in den frühen Morgenstunden eine Compensation zu der tagsüber (durch die Profilstellung bedingten) Herabsetzung der Transpiration.

---

Im zweiten Capitel dieser Schrift habe ich über Versuche gesprochen, die Müller [276] mit Zweigen verschiedener Apfel- und Birnensorten gemacht hat, in der Meinung, dass sich aus der Grösse der Wasserabgabe ein Massstab für die „Anbaufähigkeit“ ergäbe. Es stellte sich heraus, dass die Apfelzweige per $m^2$ Blattfläche stärker transpirirten (eigentlich mehr Wasser aufnahmen) als die Birnzweige. Infolge dieses geringeren Schutzes der Apfelbäume gegen Transpirationsverlust ergäbe sich die grössere Empfindlichkeit der Apfelbäume gegen anhaltende Trockenheit. Es wären daher nach Müller in solchen Gegenden, in denen häufig warme Winde wehen, oder die arm an Niederschlägen sind, solche Obstsorten zu cultiviren, die durch ihre Blattbeschaffenheit gegen starke Transpiration geschützt sind.

Kröber [300] hat darauf hingewiesen, dass die Versuche von Müller für die Praxis keinen Werth haben, dass man insbesondere über die Sortenauswahl von Obstbäumen für bestimmte Gegenden nicht belehrt wird. Denn 1. waren die Versuche zu wenig umfangreich und von zu kurzer Dauer; 2. wurden abgeschnittene Zweige verwendet; 3. wurde nicht die Menge des von den Blättern transpirirten, sondern die des durch die Schnittfläche aufgenommenen Wassers bestimmt.

Ebert [308] hat noch auf die Anpassungsfähigkeit der Pflanzen an Klima und Boden aufmerksam gemacht, die Müller nicht in Betracht gezogen hat. Die Ermittlung dieses Factors hätte aber einen praktischen Werth.

## XIV. Liquide Wassersecretion, Hydathoden.

Die Beobachtungen von Langer [169], nach denen eine stricte Unterscheidung zwischen „Luftspalten“ und „Wasserspalten“ deshalb nicht

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



durchführbar ist, da in morphologischer Beziehung beide Formen durch Uebergänge verbunden sind und Wasseraustritt in Tropfenform erfolgen kann, wurden durch Nestler [301] bestätigt und dahin erweitert, dass auch bezüglich der Contractilität der Schliesszellen keine absoluten Unterschiede vorhanden sind und daher die Bezeichnung „Wasserspalte" für ein jedes Stoma, welches liquide Secretion zeigt, gebraucht werden kann. Nach Minden's Erfahrungen sind die Wasserspalten phylogenetisch von den Luftspalten abzuleiten.

Nun findet liquide Wasserausscheidung auch durch eigenthümlich umgewandelte Epidermiszellen, durch Trichome etc. statt. Der deshalb von Moll [177] vorgeschlagene Ausdruck „Emissarien", worunter der Autor alle Austrittsstellen für Wasser versteht, ist jedoch nach der Ansicht von Haberlandt [290] zu unbestimmt, da er auf den morphologischen Charakter dieser Organe keine Rücksicht nimmt. Besser wäre, wie Haberlandt meint, der von Gardiner [207] gebrauchte Ausdruck „Wasserdrüsen" (water glands). Auf die Gesammtheit der wasserausscheidenden Apparate ist aber die Bezeichnung Wasser-Drüsen nach Haberlandt deshalb nicht anwendbar, weil bei gewissen Pflanzen die Wasserausscheidung ein blosser Filtrationsvorgang ohne active Betheiligung lebender Zellen ist und weil es viele diesbezügliche Organe gibt, welche nicht nur der Ausscheidung, sondern auch der Absorption von Wasser dienen. Haberlandt schlägt deshalb als Passepartout den Ausdruck Hydathoden (als Pendant zu dem von Jost [Botan. Zeitg., 1887, S. 604] gewählten Ausdruck „Pneumathoden") vor und unterscheidet folgende Arten derselben [299]:

I. Hydathoden ohne directen Anschluss an das Wasserleitungssystem: 1. einzellige (umgewandelte Epidermiszellen), 2. mehrzellige (Trichome).

II. Hydathoden mit directem Anschluss an das Wasserleitungssystem: 3. Hydathoden ohne Wasserspalten (Farrentypus), 4. Hydathoden mit Wasserspalten, und zwar letztere *a)* mit Epithem, *b)* ohne Epithem.

In physiologischer Hinsicht lassen sich zwei Kategorien von Hydathoden unterscheiden: Bei der Gruppe 4 *b* und zum Theile auch 4 *a* beruht die Secretion auf Druckfiltration; die Hydathoden sind die Stellen geringsten Filtrationswiderstandes. Bei den anderen Gruppen beruht die Wasseremission auf activer Betheiligung des Epithems. In der ersten Kategorie ist die Guttation eine Function des Wurzel-, respective Blutungsdruckes, bei den Pflanzen der zweiten Kategorie wird die zur Wasserausscheidung nothwendige Betriebskraft von den drüsig gebauten Hydathodenzellen geliefert. Sie entwickeln selbst die Pumpkraft, welche Wasser nach aussen presst, während der im Wasserleitungssystem herrschende Blutungsdruck auf die Hydathoden blos als „Reiz" einwirkt, der sie veranlasst, einseitig Wasser auszupressen.

Um zu beweisen, dass die Wassersecretion der zweiten Kategorie eine Function der Hydathoden sei, ging Haberlandt [289, 290, 299] in folgender Weise vor: Sprosse oder Blätter wurden am kurzen Arme eines U-förmigen, mit Wasser gefüllten Gefässes luftdicht verschlossen; hierauf wurde mittelst Quecksilberdruck ($h = 15—40\ cm$) in möglichst feuchtem Raume Guttation veranlasst. War dieselbe constatirt, so wurden an einer Blatthälfte oder Blattseite nach

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



vorheriger Abtrocknung durch einmaliges rasches Bepinseln mit 0·1 %iger alkoholischer Sublimatlösung die Hydathoden vergiftet, respective getödtet. Es trat dann an diesen Stellen keine Wasserausscheidung mehr auf, während gleichzeitig in der Regel eine mehr oder weniger starke Injection der Intercellularen erfolgte (*Anamirta Cocculus, Phaseolus multiflorus, Polypodium aureum, Ficus* spec.). In diesen Ergebnissen findet Haberlandt einen schlagenden Beweis dafür, dass die Secretion an die active Thätigkeit drüsig gebauter Organe gekettet ist.

Dass die Hydathoden auch der Wasserabsorption dienen, wurde auf zweierlei Weise gezeigt: 1. infolge Gewichtsvermehrung (also Wasseraufnahme) vorher welker Blätter nach mehrstündiger Immersion (mit Ausschluss der Schnittfläche) und 2. durch Lebendfärbung der Drüsenhaare mit 0·0005 %iger Methylenblaulösung. Beispielsweise zeigte bei einem Primordialblatt von *Phaseolus*, welches 24 Stunden lang in eine solche Lösung eingetaucht war, der Zellsaft in den Drüsenhaaren blaue Färbung, während die gewöhnlichen Epidermis- und Schliesszellen ganz ungefärbt blieben. Diese Hydathoden vermögen also das durch Regen oder Thau dargebotene Wasser aufzusaugen und den „übrigen Theilen" des Blattes zuzuführen. „So erweisen sich die beschriebenen Apparate der Laubblätter als wichtige Regulatoren des Wassergehaltes der Pflanze. Im feucht-warmen Tropengebiete, wo der Wurzel-, überhaupt der Blutungsdruck zweifelsohne hohe Werthe erreichen kann und wo ferner die Transpiration eine viel ungleichmässigere ist als bei uns, sind derartige Regulatoren sehr am Platze und gewiss auch sehr verbreitet."

Einigermassen erschüttert wurde aber die Epithemtheorie Haberlandt's durch seine Versuchsergebnisse mit *Fuchsia* [299]. Bei dieser Pflanze befindet sich an jedem Blattzahn eine Wasserspalte mit beweglichen Schliesszellen, unter denselben ein Epithem mit englumigen Intercellularen. In allen Fällen erfolgte hier sowohl bei eingewurzelten Topfpflanzen (Wurzeldruck) als bei abgeschnittenen Zweigen unter Quecksilberdruck nach Bepinselung der Blätter mit alkoholischer Sublimat- oder Jodlösung, nach Chloroformirung der Epitheme, im Zustande der Kälte- und der Wärmestarre die Secretion von Wassertropfen. Haberlandt spricht deshalb die Ueberzeugung aus, dass bei *Fuchsia* die Wasserausscheidung trotz des wohlconditionirten Epithems auf Druckfiltration beruht.

Es ist symptomatisch, dass alle Physiologen, die sich später mit diesem Gegenstande experimentell beschäftigt haben: Nestler, Minden, Spanjer, A. Meyr, Dixon, gezeigt haben, dass Haberlandt's Hypothese von der Activität der Hydathoden unrichtig sei.

Nestler [309] stellte Versuche mit Pflanzen aus den Gattungen *Bryophyllum, Ranunculus, Aucuba, Hibbertia, Oenothera, Tropaeolum, Mimulus, Cyclamen, Aquilegia, Eranthis, Helianthus* an. Die Blätter der Versuchspflanzen, die alle Wasserspalten und ein beziehungsweise stark oder schwach entwickeltes Epithem besitzen, wurden mit 0·1 %iger (auch mit 1 %iger) alkoholischer Sublimatlösung bepinselt. Hierauf unter eine mit Wasser abgesperrte Glasglocke gebracht, secernirten die vergifteten Blätter ebenso fleissig wie die intacten, gleichgiltig, ob die Wasserimpression bei normal bewurzelten Exemplaren durch

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



den natürlichen Wurzeldruck oder bei abgeschnittenen Zweigen durch künstlichen Quecksilberdruck erfolgte. Denselben Effect bewirkte die Einpressung einer 5%igen Kupfervitriol- oder einer 5%igen Tanninlösung. Bei Pflanzen ohne Epitheme (*Cineraria, Agapanthus umbellatus, Tradescantia viridis,* Gramineen) ergab sich dasselbe. Kurz: „Ob ein scharf differenzirtes oder nur ein schwach ausgebildetes, oder gar kein Epithemgewebe vorhanden war, stets erwies sich in den untersuchten Fällen der Vorgang der Tropfenausscheidung als blosse Druckfiltration ohne active Betheiligung irgend eines Gewebes." Die Secretion findet auch bei niederer Temperatur statt. Nestler beobachtete bei einer nahezu constanten Temperatur von 3·5° C. (r. F. 97—98%) continuirlich starke Tropfenausscheidung bei *Tropaeolum, Mimulus, Cineraria, Calla, Coleus* etc. — In einer vor Kurzem erschienenen Arbeit theilt Nestler [345] Beobachtungen über die Wassersecretion bei Blättern von *Boehmeria*-Arten mit. Die Tropfen treten hier durch Wasserspalten aus, die auf kleinen, von Epithemgewebe ausgefüllten Zellenhügeln liegen. Der Vorgang der Ausscheidung ist aber auch hier eine einfache Druckfiltration.

M. v. Minden [343] hat bei zahlreichen Pflanzen eingehende anatomische und physiologische Studien über die Orte der Wassersecretion und über diese selbst gemacht. Was das Epithem betrifft, dem Haberlandt eine active Rolle bei der liquiden Wasserausscheidung zuschreibt, so lehrten die Versuche von Minden, dass dies nicht der Fall sei. Denn Vergiftungen mit alkoholischer Sublimat-, mit Kupfersulfat- und Eosinlösung, ebenso Chloroformirungsversuche konnten bei sonst gesunden Topf- oder Freilandspflanzen von *Tropaeolum maius, Glaucium luteum, Papaver somniferum* die Tropfenausscheidung weder hindern noch vermindern, ja die vergifteten Partien der Blätter von *Tropaeolum* (die nach Haberlandt ein Epithem mit grossartigen Zellkernen haben) zeigten sogar eine reichlichere Ausscheidung als die unvergifteten Secretionsstellen. „Aus allen Versuchen geht also hervor, dass auf die Intensität der Secretion das Epithem keinen merkbaren Einfluss hat."

Aus der Beobachtung, dass bei Arten von *Nicotiana, Statice* und *Glaux maritima* die Secretion auch an abgeschnittenen Sprossen erfolgt, folgert Minden, dass die Hypothese von Haberlandt, dass der Wurzel-, respective Blutungsdruck auf die Hydathoden als Reiz wirkt, hinfällig wird, da (bei den genannten Pflanzen) die Secretion ohne Blutungs-, geschweige denn Wurzeldruck zustande kommt.

Auf andere Versuchsergebnisse von Minden werden wir noch später zurückkommen; wir schalten hier nur noch ein, dass Minden in einem „Nachtrage" bemerkt, dass ihm die Abhandlungen von Nestler, in denen dieser zu denselben Resultaten kam, erst nach Beendigung seiner (Minden's) Arbeit bekannt wurden.

Eine gleichfalls gründliche Untersuchung über liquide Wasserausscheidung wurde von Spanjer [337] ausgeführt. Um zu entscheiden, ob das Epithem eine active Rolle bei diesem Processe spielt, wurden die Wasserausscheidungsapparate einer Reihe von Pflanzen in anatomischer und physiologischer Richtung unter-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



sucht. Auf den histologischen Theil der Abhandlung, in welchem auch einzelne von Haberlandt unrichtig oder ungenau angegebene Details richtig gestellt werden, gehen wir hier nicht ein und referiren nur über den experimentellen Theil. *A.* Nach Einpressung von Eosinlösung, rothem Blutlaugensalz, Kupfersulfatlösung mittelst Quecksilberdruck zeigten die hierzu benützten Sprosse von *Fuchsia, Primula, Sanguisorba, Tropaeolum, Phaseolus, Anamirta* etc. die Tropfenausscheidung ebenso schön wie nach Einpressung von reinem Wasser. *B.* Nach Vergiftung einzelner Blattzähne bei Topfpflanzen mit 0·1 %iger Sublimatlösung, 3 %iger Kupfersulfatlösung, 2 %iger Cocaïnlösung, 5 %iger Formalinlösung schieden *Fuchsia, Primula* und *Tropaeolum* im feuchten Raume an den vergifteten Stellen ebenso Wassertropfen aus, wie an den intacten Blattzähnen. Bei anderen Pflanzen, wie *Sanguisorba, Anamirta, Alchemilla, Phaseolus* (letztere beiden auch im Gartengrunde beobachtet), blieb nach Vergiftung der Blattzähne die Tropfenausscheidung aus. Es zeigte sich aber, dass infolge der Vergiftung die Schliesszellen der Wasserspalten collabirt und die Spalten geschlossen waren, und dass deshalb das durch den Wurzeldruck eingepresste Wasser statt nach aussen, nach innen in die Mesophyll-Intercellularen abgeschieden wurde. *C.* Nach Vergiftung der Blattzähne (mit Sublimat, Cocaïn, Formalin) an Sprossstücken und nachheriger Wasserimpression stellte sich bei den Versuchspflanzen *(Fuchsia, Primula, Tropaeolum)* reichliche Guttation ein.

Aus diesen und anderen Beobachtungen Spanjer's geht hervor, dass die Epitheme keine Wasserdrüsen sein können, dass die Epithemzellen bei der liquiden Wassersecretion nicht activ (in der Vorstellung Haberlandt's) betheiligt sind, endlich dass die Wasserspaltenapparate der Tropenpflanzen von denen der Pflanzen gemässigter Klimate nicht verschieden sind.

In einer Replik meint Haberlandt [334], dass in der Arbeit Spanjer's nicht eine wesentlich neue Thatsache mitgetheilt wird, und bespricht dann einzelne Punkte, in welchen die beiderseitigen Beobachtungen nicht übereinstimmen.

Prof. Arthur Meyer [336], unter dessen Leitung die Arbeit Spanjer's entstanden ist, hat daraufhin eine Duplik veröffentlicht, in welcher er Haberlandt räth, er möge die Angaben Spanjer's, wenn er sie bezweifelt, durch eine Nachuntersuchung prüfen, und gleichzeitig einige Suppositionen Haberlandt's richtig stellt. So z. B. war Spanjer's *Anamirta* nicht, wie Haberlandt glaubt, „mehr oder minder krankhaft verändert", sondern „völlig gesund und prächtig entwickelt"; die Schleimabsonderungen der einzelligen „Hydathoden" dieser Pflanze waren nicht, wie Haberlandt glaubt, „minimal", sondern „ganz kräftig"; bei den *Phaseolus*-Versuchen benützte Spanjer nicht blos, wie Haberlandt glaubt, „ältere" Blätter, sondern auch jüngere. — Bei dieser Gelegenheit will ich einflechten, dass Haberlandt [333] bezüglich der Wiesner'schen Reispflanzen sich rundweg äusserte, Wiesner habe mit älteren, „offenbar bereits ausgewachsenen Pflanzen" experimentirt, „was aus den mitgetheilten Lebendgewichten hervorgeht", während mir Wiesner versicherte, dass er jüngere, noch nicht ausgewachsene Exemplare verwendete. Das grössere Lebendgewicht lässt sich ja

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



ganz einfach daraus erklären, dass eine in Buitenzorg cultivirte Reispflanze ein grösseres Lebendgewicht besitzt, als eine gleichalterige, aber in Graz erzogene.

Auf die „Kritischen Besprechungen" von Meyer [336] folgte eine „Erwiderung" seitens Haberlandt's [334 a], auf welche aber Meyer nur mit wenig Worten reagirte.

Weitere Untersuchungen werden gewiss mehr Klarheit in die Sache bringen; jedenfalls zeigt schon jetzt das künstliche Gebäude der Hydathoden bedenkliche Risse.

Ein Gegenstand besonderer Untersuchung der liquiden Wassersecretion war *Phaseolus multiflorus*. Haberlandt [290] beobachtete bei dieser Pflanze die Fähigkeit einer reichlichen Tropfenausscheidung an der Unterseite, einer spärlichen an der Oberseite. Da nun an vorher mit sublimathältigem Alkohol vergifteten Blattpartien die Secretion (bei Anwendung von Quecksilberdruck) unterblieb, so findet Haberlandt darin wieder einen schlagenden Beweis, dass die Wasserausscheidung eine active Function der Hydathoden sei, als welche hier Drüsenhaare auftreten.

Nestler [309] hat aber gefunden, dass die Sublimatbepinselung der Blattunterseite eine so weitgehende Vergiftung der ganzen Epidermis und theilweise auch des Schwammparenchyms zur Folge hat, dass die dadurch gehemmte Wasserausscheidung die active Thätigkeit der Haare nicht erklären kann. Indem ferner Nestler in den *Phaseolus*-Stengel eine 3%ige Kupfervitriollösung einpresste, erschienen bald reichliche Tropfen von kupfersulfathältigem Wasser auf der Unterseite (spärlicher auf der Oberseite) der Blätter, insbesondere in den Winkeln der Blattnerven. Dass aber die Drüsenhaare eine Kupfersulfatlösung durch active Thätigkeit des Protoplasmas ausscheiden würden, ist gewiss nicht der Fall; es konnte auch in den Haaren keine Spur von Kupfer nachgewiesen werden. Diese Befunde wurden von Spanjer bestätigt. Letzterer sah bei directer mikroskopischer Beobachtung die Tropfen immer nur aus den Wasserspalten austreten, während Haberlandt und Nestler diesbezüglich zu einem negativen Resultate kamen.

Nach Nestler [345] treten die Tropfen weder aus gewöhnlichen, noch aus besonderen Spaltöffnungen aus; sie liegen vorherrschend an den Kreuzungspunkten der Nerven, bisweilen auch an solchen Stellen der Epidermis, an denen weder Spaltöffnungen, noch Drüsenhaare vorkommen.

Dass bei der Feuerbohne Tropfenausscheidung auch bei völliger Ausscheidung eines natürlichen oder künstlichen Druckes erfolgen kann, lehrten die Beobachtungen von Nestler und Spanjer, nach denen abgeschnittene und mit dem Stiel einfach ins Wasser gestellte Stengel oder Blätter (in sehr feuchtem Raume) starke Guttation producirten. Nun fand Nestler [345, 346], dass das Secretwasser etwa 0·5% fester Bestandtheile, unter diesen vornehmlich doppeltkohlensaures Kali enthält, welches beim Eintrocknen an der Luft zu einfach kohlensaurem Kali reducirt wird. Diese Substanz nimmt aber, in feuchter Atmosphäre liegend, begierig Wasser auf, wodurch auf den Blättern eine secundäre Tropfenbildung entstehen kann.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Wie *Phaseolus* verhalten sich bezüglich der Secretionsfähigkeit der Blätter und der Natur der ausgeschiedenen Flüssigkeit die Malvaceen. Volkens [204] reihte diese zu jenen Pflanzen ein, die Wasserausscheidung in Tropfenform nicht aufweisen. Nestler [324, 346] zeigte aber, dass bei sehr vielen Malvaceen (Arten von *Abutilon, Althaea, Hibiscus, Kitaibelia, Lavatara, Malope, Malva, Patava, Plagianthus*) eine sehr reiche Wassersecretion stattfindet, die sowohl an intacten Pflanzen als auch an abgetrennten Sprossen, und zwar vorherrschend an der morphologischen Unterseite der Blätter in Erscheinung tritt.

Dixon [331] sprach sich bei seinen Versuchen, in denen er eine wässerige Eosinlösung durch die Schnittfläche beblätterter Zweige aufsteigen liess, dahin aus, dass die Saugwirkung nicht den etwa vorhandenen Hydathoden, sondern den Zellen, welche die Enden der Leitungsbahnen der Blätter begleiten, zuzuschreiben sei, da auch bei *Cheiranthus*, wo Hydathoden fehlen, und bei verschiedenen *Chrysanthemum*-Arten, denen die randständigen Hydathoden abgeschnitten wurden, ein Aufstieg der Lösung bis in die letzten Nervenendigungen stattfand.

Arthur Meyer [336] stellt sich die eventuelle Function des Epithems als Regulators der Wasserbewegung in anderer Weise vor als Haberlandt. Bei Steigerung des Turgors der Epithemzellen werden deren Intercellularen grösser und bieten dem Austritt des Wassers aus dem trachealen System ein geringeres Hinderniss; sinkt der Turgor infolge verstärkter Transpiration, so werden die Epithem-Intercellularen kleiner und der Durchtritt des Wassers wird erschwert oder fast ganz sistirt. Eine Stütze findet diese Hypothese durch die Beobachtung von Spanjer [337], der bei *Primula obconica* die Intercellularen des Epithems in turgorkräftigen Blättern viel grösser fand als in turgorschwachen.

Sogenannte Wasserkelche (Wasserknospen) wurden zuerst von Treub bei *Spathodea campanulata* entdeckt und beschrieben. Später wurden wasserhaltige Kelche von Lagerheim bei *Jochroma macrocalyx*, von Gr. Kraus bei *Parmentiera cerifera* und von Koorders, dem wir eine umfangreiche Abhandlung über Blüthenhydathoden verdanken [322], bei verschiedenen Bignoniaceen, Solanaceen, Verbenaceen, Scrophulariaceen und Zingiberaceen gefunden. Die Wasserausscheidung beginnt in der Regel in einem sehr frühen Stadium der Blüthenknospe und erreicht ihren Höhepunkt kurz bevor Androeceum und Gynaeceum fertig gebildet sind. Bei *Clerodendron* und *Juanulloa parasitica* reift noch die Frucht in einem Wasserbade. Als Secretionsstellen werden Trichomhydathoden angesehen, die Koorders bei verschiedenen Pflanzen näher beschreibt.

Um zu ermitteln, ob die Wassersecretion eine active Function der Trichomhydathoden sei, wurden von Koorders [322] bei *Heterophragma adenophyllum* und *Kigelia pinnata* Druckversuche ausgeführt. Trotz Steigerung der Quecksilberhöhe bis auf 70 *cm* gelang es nicht, eine verdünnte Methylviolettlösung in der Kelchröhre der lebenden Knospe zur Ausscheidung zu erhalten. Durch Lebendfärbungen mit Methylviolettlösung gelang es, den Inhalt der Trichomhydathoden zu färben, während die Epidermiszellen vollständig ungefärbt blieben. Diese Ergebnisse deuten auf die Activität der Trichomhydathoden bei der Wassersecretion.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Offenbar haben wir es hier mit einer anderen Form der Secretion zu thun, als bei den Laubblättern, wie denn auch das Kelchwasser mehrfach mit der in den Bechern von *Nepenthes, Sarracenia* und *Cephalotus* ausgeschiedenen Flüssigkeit übereinstimmt. Bezüglich der biologischen Bedeutung der Secretion schliesst sich Koorders der Ansicht von Treub und Lagerheim an, die in dem constanten Vorkommen von Wasser im Innern der geschlossenen Blüthenknospen eine Schutzeinrichtung gegen Austrocknung infolge starker Insolation sehen.

Die zahlreichen Drüsen in den Höhlen der Rhizomschuppen von *Lathraea squamaria* sind nach Haberlandt [321] wassersecernirende Organe. Es gelang ihm nämlich, bei Rhizomzweigen durch Anwendung von Quecksilberdruck eine reichliche Wasserausscheidung zu beobachten. Aus Druckversuchen mit Methylenblaulösung hält es Haberlandt für sehr wahrscheinlich, dass blos die Köpfchendrüsen Wasser ausscheiden, wogegen Goebel [320] aus anatomischen Gründen die Schilddrüsen als Secretionsorgane des Wassers anspricht.

Es ist klar, dass auch hier die Hydathoden keine „active Pumpkraft" ausüben. Die Wasserausscheidung erfolgt eben infolge des in der Wurzel der Wirthspflanze herrschenden Blutungsdruckes, mit der der Parasit organisch verbunden ist.

Wieler [279] fasst den Ausdruck „Bluten der Pflanzen" in einem weiten Umfange auf; er subsummirt darunter *a)* den Saftaustritt infolge Verletzung, *b)* die Tropfenausscheidung aus unverletzten Blättern (Guttation) und Pilzen und *c)* die Secretion der Digestionsdrüsen. — Derselbe Autor hat ein Verzeichniss der bekannten guttirenden Pflanzen zusammengestellt, das bis auf Volkens [204] reicht und 63 Familien, 194 Gattungen und 289 Arten umfasst.

Beiträge zur Kenntniss jener Pflanzen, deren unverletzte Blätter (bei erhöhtem Wurzeldruck und hoher Luftfeuchtigkeit) liquide Wassersecretion zeigen, lieferten Spanjer [337] und Minden [343]. Ersterer beobachtete sie bei Arten von *Dianthus, Silene, Arenaria, Datisca, Podophyllum, Orchis, Verbena, Lobelia, Cardospermum, Hamamaelis, Hydrophyllum* etc., Minden bei verschiedenen Borragineen, Solanaceen, Silenaceen, Portulaccaceen, Amaranthaceen, Hydrophyllaceen etc. Bis jetzt dürfte Guttation bei mindestens 380 Arten aus etwa 240 Gattungen bekannt sein.

Nach Goebel [319] zeigt *Elatostemma sessilis* bei Cultur in feuchtem Raume reichliche Secretion von Wassertropfen auf der Oberseite der Blätter.

Leitgeb („Flora", 68. Jahrg., 1885, S. 327) beobachtete bei unter Glasglocken gehaltenen Exemplaren von *Corsinia marchantioides* in den die Archegonstände führenden Grübchen des Thallus je einen Wassertropfen. Diese Wasserimmersion der eben empfängnissreifen Archegonien steht mit deren Befruchtung im engen Zusammenhang.

M. v. Minden [343] hat die Organe der liquiden Secretion der Wasserpflanzen entwicklungsgeschichtlich und physiologisch eingehend untersucht. Nach dem Orte des Wasseraustrittes unterscheidet er:

*A.* Wasserpflanzen, bei denen die Secretion nur aus der Apicalöffnung der Blätter erfolgt: *Alisma, Damasonium, Aponogeton, Scheuchzeria* etc.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



*B.* Wasserpflanzen, bei denen die Secretion sowohl durch die Apicalöffnung als auch durch Wasserspalten erfolgt: *a)* beide Austrittswege sind fast zu gleicher Zeit vorhanden *(Heteranthera reniformis* und *zosterifolia, Eichhornia crassipes); b)* anfangs sind Spaltöffnungen da, nach deren Zerstörung die Apicalöffnung zurückbleibt (*Litorella, Hottonia, Callitriche* etc.).

*C.* Wasserpflanzen, bei denen nur Stomata gebildet werden *(Ranunculus sceleratus, Pistia stratiotes* etc.).

Weinrovsky [338] hat nachgewiesen, dass die Scheitelöffnungen der Wasserpflanzen die Abflusstellen des in diesen Pflanzen circulirenden Wasserstromes darstellen. Er konnte experimentell feststellen, dass aus diesen Oeffnungen Wasser in Tropfenform heraustritt.

## XV. Einfluss der Transpiration auf die Formveränderung der Pflanze.

Um den Einfluss der Transpiration auf die Ausbildung der Gewebe kennen zu lernen, cultivirte Kohl [230] Pflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Die in feuchter Luft erwachsenen Individuen zeigten fast immer längere Internodien und Blattstiele und grössere, relativ dünne Blattspreiten. Tiefgreifend (und bis dahin weniger bekannt) waren die Aenderungen in der Ausbildung der Gewebe. Dieselben wurden nicht nur unter verschiedenen Transpirationsbedingungen der Quantität nach abgeändert, es wurden sogar neue Gewebe zur Ausbildung oder vorhandene Gewebe zum Wegfall gebracht. Auch Beobachtungen in der freien Natur lehrten, wie bedeutend die Gewebeausbildung von der Stärke der Transpiration beeinflusst wird.

Wiesner's Experimentaluntersuchungen (Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. IX, 1891) ergaben, dass verschiedene Pflanzen mit Kurztrieben, beziehungsweise mit grundständiger Blattrosette, z. B. *Bursa pastoris* und *Sempervivum tectorum*, in absolut feuchtem Raum bei starker Beleuchtung, also ohne jedes Etiolement, die Blattrosetten auflösen und neue, gut entwickelte Internodien ausbilden. Wiesner weist daher auf die hohe Bedeutung der Transpiration für die Ausbildungsweise einiger bis jetzt bezüglich ihres Zustandekommens unerklärt gebliebener Vegetationsorgane hin.

Palladin [259][1]) deducirte: Diejenigen Lichtstrahlen (blau und violett), welche die Transpiration am meisten begünstigen, wirken am meisten hemmend auf das Wachsthum; folglich wirkt das Licht auf das Wachsthum der Pflanze zum grössten Theil dadurch, dass es die Transpiration vergrössert und also die Schnelligkeit des Wachsthums hemmt. Palladin will das Etiolement durch das Verhältniss der Blatt- und Stengeltranspiration erklären: Grüne Pflanzen transpiriren im Sonnenlichte fast alles Wasser durch die

[1]) Diese in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft publicirte Arbeit hat wesentlich denselben Inhalt, wie (zusammengenommen) zwei Abhandlungen desselben Autors, die in den Arbeiten der Naturforschenden Gesellschaft zu Charkow (XXIII, 1889 und XXV, 1890) in russischer Sprache erschienen sind. (Vergl. B. C. Bl., XLV, 1891, S. 279 und XLVII, 1891, S. 182.)

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at



Blätter; diese sind daher normal entwickelt; der Stengel erleidet dagegen einen gewissen Wassermangel und erhält dementsprechend kurze Internodien. „In einem dunklen Raum geht bei den etiolirten Pflanzen die Transpiration anders vor sich. Indem die grosse Oberfläche des Stengels das Wasser transpirirt, entzieht sie es den Blättern, welche aus Mangel an Wasser unentwickelt bleiben." — Dazu wäre Folgendes zu bemerken. Nehmen wir an, es sei bewiesen, dass bei normalen, belichteten Pflanzen immer die Internodien, und bei etiolirten, verdunkelten Pflanzen unter allen Umständen die Blätter Wassermangel leiden, so ist das Etiolement dadurch nicht erklärt. Denn wenn auch die langen, dicken Internodien etiolirter Dicotylen mehr Wasser verlieren als die im Wachsthum so auffallend zurückgebliebenen Blätter, so muss doch diese Formänderung erst während der Entwicklung der Dunkelsprosse entstehen. Uebrigens sagt Palladin selbst, dass er nicht glaubt, dass sich dieser Einfluss des Lichtes auf das Wachsthum auf die Transpirationsänderung allein beschränkt, sondern dass gewiss eine viel complicirtere Abhängigkeit besteht.

Dass selbst einfache Wachsthumsvorgänge complexe Erscheinungen sind, hat bereits Wiesner (Botan. Zeitg., 1889) mit Hinweis auf das „Gesetz von der mechanischen Coïncidenz im Organismus" betont.

## XVI. Compilatorisches.

Mehrere Autoren haben einen kleineren oder grösseren Theil der in dem letzten Decennium erschienenen Transpirationsarbeiten inhaltlich zusammengefasst und mehrfach auch kritisch behandelt: Keller [251, 349], Klebahn [256], Bessey and Woods [265], Wiesbaur [280], Ebert [297, 298], Roth [303], Woods [313].

---

**Druckfehlerberichtigung.** In Heft 1, S. 62, Z. 15 v. u. lies „submersen", statt „submesen".

---

# Neue Staphyliniden aus Centralasien.

Von

**Dr. Max Bernhauer**

in Stockerau.

(Eingelaufen am 4. Jänner 1901.)

Die nachstehend angeführten neuen Arten wurden mit einziger Ausnahme der *Atheta thinodromoides* von Herrn Hans Leder im Altaigebirge an der Grenze von Sibirien und der Mongolei gesammelt, also ungefähr in derselben Gegend, aus welcher Eppelsheim in der Deutschen Entom. Zeitschr., Jahrg. 1893, S. 17 ff. eine Anzahl neuer, ebenfalls von Leder gesammelter Staphyliniden neubeschrieben hat, von welchen einige auch nunmehr wieder aufgefunden worden sind. Es