

Beiträge

zur

Biologie und vergleichenden Anatomie der baltischen Strandpflanzen

von

C. Brick.

Mit Tafel II.

Venedig, 8. October 1786.

Am Meere habe ich auch verschiedene Pflanzen gefunden, deren ähnlicher Charakter mir ihre Eigenschaften näher kennen liess; sie sind alle zugleich mastig und streng, saftig und zäh, und es ist offenbar, dass das alte Salz des Sandbodens, mehr aber die salzige Luft, ihnen diese Eigenschaften giebt.

Goethe, Italienische Reise.

Jener von Goethe in obigen Worten charakterisierte, fleischige Habitus, der allen Halophyten¹⁾ d. h. Pflanzen, die auf einem stark Kochsalz-haltigen Boden wachsen, gemeinsam ist, legt allerdings den Schluss nahe, dass das Salz direct oder indirect einen Reiz auf gewisse Gewebe ausübt, in Folge dessen sie jene eigentümliche Gestaltung erlangen. Auch die Tatsache, dass Pflanzen, die sonst auf nicht-salzigem Terrain wachsen, auf Salzboden succulente Blätter tragen, spricht für die Beziehungen des Salzgehaltes zur Saftigkeit.

Schon wiederholt hat man durch Experimente die Abhängigkeit gewisser Pflanzen vom salzhaltigen Boden festzustellen versucht. Allerdings hat man bei einigen gut durchgeführten Culturversuchen gefunden, dass in der äusseren Erscheinung Veränderungen vor sich gehen, aber die Umwandlungen, die gleichzeitig in der Anatomie stattfinden, hat man meistens nicht beachtet. Ganz und gar nicht versucht hat man, den Einfluss des Kochsalzes durch vergleichende Anatomie der Salzpflanzen zu studieren, und festzustellen, welche anatomische Anpassungen an ihren Standort jene Pflanzen dadurch erworben haben.

Es finden sich unter den Halophyten Pflanzen aus den verschiedensten Familien²⁾, also sehr verschiedener Verwandtschaft und Abstammung, deren Vegetationsorgane unter Einwirkung gleichartiger Ernährung und anderer, im Salz-

¹⁾ Eine Aufzählung unserer deutschen Salzpflanzen giebt P. Ascherson (cf. Leunis: Synopsis der Pflanzenkunde. Bearb. von A. Frank. Hannover 1883. §. 302), anderer Halophyten Ch. Contejean (cf. Influence du terrain sur la végétation. Ann. d. Sciences nat. VI. sér. T. II. 1875. p. 289—91) sowie J. Saint-Lager (cf. Ann. de la Soc. Bot. de Lyon IV. 1876. p. 54).

²⁾ cf. K. Reiche, Salzflora im Binnenlande. Humboldt, Monatsschr. f. d. ges. Naturw. VI. H. 10. October 1887. Stuttgart.

boden auf sie wirkenden Einflüsse eine gewisse Ähnlichkeit angenommen haben. Dadurch gewinnt die anatomische Untersuchung der Halophyten noch ein besonderes Interesse.

Die vergleichende Anatomie stellt sich zunächst die Aufgabe für die natürlichen Pflanzenfamilien einen inneren Zusammenhang auch in dem anatomischen Bau der einzelnen Glieder aufzufinden ohne Rücksicht auf den Einfluss des Standortes. Allerdings sind ja für die systematische Stellung — also für die natürliche Verwandtschaft der Pflanzen — in erster Reihe massgebend die Fortpflanzungsorgane, welche im Allgemeinen von den Verhältnissen des Standortes unabhängig sind. Dagegen sind die vegetativen Organe, wie Wurzel, Stengel und Blätter, den Einflüssen des Standortes unterworfen und müssen sich ihnen anpassen, um das Individuum zu erhalten. Diese erworbenen Eigenschaften vererben sich zum grossen Teil ebenfalls, und es ist oft schwierig nachzuweisen, welche anatomischen Merkmale als solche aufzufassen sind, die von der gemeinsamen Stammform ererbt oder individuell vom Standort hervorgerufen sind. Andererseits kann man aber auch schliessen, dass die vegetativen Organe derjenigen Pflanzen, — mögen sie auch in ihrer Verwandtschaft weit von einander entfernt sein —, welche gleichen äusseren Einflüssen und Lebensbedingungen ausgesetzt sind und gleiche Funktion haben, durch Anpassung eine gewisse Ähnlichkeit mit einander erwerben und zwar nicht nur in ihrer morphologischen Erscheinung, sondern auch besonders in ihrem anatomischen Bau. Standort und anatomischer Bau stehen eben mit einander in Wechselbeziehung.

Eines der besonders charakterisierten Gebiete ist der Salzboden. In unseren Gegenden ist aber das ausgesprochenste Salzgebiet der Strand unserer heimischen Küsten. Die dort wachsenden Pflanzen haben nicht nur mit den chemischen Eigenschaften des Bodens zu ringen, sondern sich auch den physikalischen Bedingungen des Standortes anzupassen. Sie haben nicht nur auf den starken Salzgehalt des Bodens und der Luft zu reagieren, sondern auch gegen den leicht wegzuwehenden Sand, gegen die intensive Sonnenstrahlung und die dadurch bedingte Erhitzung des Bodens sich zu schützen.

Durch vergleichend-anatomische Untersuchung unserer häufigsten Strandpflanzen, welche ich auf Veranlassung meines hochverehrten Lehrers Herrn Professor Dr. Ferdinand Cohn unternommen und im Pflanzen-physiologischen Institut der Universität Breslau ausgeführt habe, versuchte ich zu ermitteln, auf welchen Eigenschaften der Gewebe die gemeinsamen Charaktere dieser Halophyten beruhen, gleichzeitig aber auch neue Beläge für die Veränderungen des anatomischen Baues zu gewinnen, welche Pflanzen gemeinsamer Abstammung durch Anpassung an die Lebensbedingungen des Salzbodens im Gegensatz zu anderen Standorten erleiden.

Der speciellen Darstellung meiner eigenen Untersuchung schicke ich eine Zusammenstellung alles dessen voraus, was ich in der Litteratur über die Beziehungen der Pflanze zum Kochsalz gefunden habe. Es lassen sich hiebei fünf Gesichtspunkte herausheben:

- 1) Der Einfluss des Salzbodens auf die Vegetation.
- 2) Über das Vorkommen von Natron in den Pflanzen und den Natrongehalt der Pflanzenaschen.
- 3) Über Düngung mit Kochsalz.
- 4) Über Keimung in Chlornatriumlösung.
- 5) Culturversuche mit Salzpflanzen.

1. Der Einfluss des Salzbodens auf die Vegetation.

Der alte Streit über die Frage, ob der chemische oder der physikalische Einfluss des Bodens der überwiegendere oder bestimmendere für die Verbreitung der Pflanzen ist, hat auch oft zur Erwähnung der Salzpflanzen und des Einflusses des Salzes geführt. Jedoch sind fast alle Forscher darin einig, dass das Salz nur einen chemischen Einfluss ausübt.

Schon Linné und seine Vorgänger erkannten, dass der Salzboden seine besondere, eigentümliche Flora besässe. Aug. Pyr. De Candolle, der erste energische Verteidiger des physikalischen Einflusses des Bodens sagt¹⁾: „Les espèces qui offrent, lorsqu'on les brûle, une quantité de substances alcalines plus considérables qu' à l'ordinaire ne peuvent vivre que là où ces matières sont accumulées: ainsi, toutes celles qui ont un besoin absolu de carbonate de soude, ne peuvent prospérer que près de la mer ou des sources salées.“ Später²⁾ jedoch glaubt er, dass die meisten dieser Pflanzen Chlornatrium zu ihrem Fortkommen nicht nötig haben, sondern das Natron mit Kali vertauschen könnten, da z. B. *Salsola* auch weit entfernt von salzhaltigen Stellen vorkomme, und dann kein Natron in ihren Aschen enthalte. „Il est bien certain que les plantes marines et quelques maritimes ont besoin de soude pour leur végétation; mais il faut convenir que ce besoin n'est pas impérieux pour toutes les plantes maritimes et qu'il en est plusieurs qui vivent dans les terrains salés plutôt parceque leur nature robuste leur permet de résister à l'action du sel que parce qu'elles ont besoin de son action“. Auch an anderer Stelle³⁾ spricht er sich über den Einfluss des Kochsalzes auf die Vegetation ähnlich aus, indem er behauptet, dass dasselbe für die Pflanzen unnütz sei, und dass sie es in kleiner Menge zwar vertragen, bei grösserem Kochsalzgehalt aber getötet würden. Nur gewisse Pflanzen können in verschiedenem Grade diesem Salzgehalt widerstehen und in einem Boden wachsen, welcher andere Pflanzen durch seine Salzigkeit ausschliesst.

Was den Einfluss des Kochsalzes auf den Boden anbetrifft, so legt De Candolle hier das Hauptgewicht auf die physikalischen Wirkungen desselben, indem er meint, „que sa principale propriété est d'attirer l'humidité de l'air.“ „Ce sel n'est employé avec un succès incontesté que dans des terrains silicieux“ — [weil, wie er früher⁴⁾ ausgeführt „les terres silicieuses

1) Dictionn. des sciences nat. T. XVIII. Paris 1820. Art.: Géographie Botan. p. 374.

2) A. P. De Candolle: Physiologie végétale. Paris 1832. p. 1242.

3) l. c. p. 1263.

4) l. c. p. 1229.

sont, de toutes les terres, celles qui retiennent le moins l'humidité"] — et dans des pays où l'atmosphère est humide ou pluvieuse. Son action principale ne serait-elle point de s'emparer, de l'humidité lorsqu'elle est surabondante et de la conserver par son adhérence avec elle pour les temps de sécheresse?" Erst in zweiter Reihe soll es die Zersetzung der pflanzlichen und tierischen Substanzen des Bodens begünstigen. Von einem chemischen Einfluss auf die mineralischen Bodenbestandteile erwähnt er nichts.

Eine sehr eigentümliche Ansicht hegt De Candolle über das Ausscheiden gewisser Stoffe z. B. auch des Kochsalzes durch die Wurzeln der Pflanzen. Er schliesst dies aus der Beobachtung¹⁾ „que les terrains qui ont porté des soudes*) sont plus salés que ceux qui n'en ont pas nourri.“ Er fand, dass von zwei benachbarten Feldern das eine, auf welchem *Salsola* wuchs, mehr Salz enthielt als das andere. „Il est difficile de ne pas conclure de ce fait que les salsola reçoivent de l'eau de mer par l'air; et bien d'autres faits populaires prouvent que l'eau salée, en se volatisant dans l'atmosphère va porter du sel au loin. La culture des soudes à de grandes distances et dans des vallées non salées, mais ouvertes au vent marin, suffit pour le démontrer. Or, il semblerait que ce sel absorbé par les surfaces végétales y est en partie décompensé pour produire le carbonate de soude et en partie rejeté par les racines dans le terrain.“ Das Salz soll also weit in der Luft transportiert, dann so massenhaft von der *Salsola* absorbiert werden, dass nicht nur der Boden damit salziger gemacht wird, indem es durch die Wurzeln, die sonst nur zur Aufnahme solcher Salze dienen, ausgeschieden wird, sondern auch noch so viel in der Pflanze bleibt, dass sie zur Sodage-
winnung verwandt wird!

Was jene Behauptung der Ersetzung des Natrons durch Kali betrifft, welche übrigens von anderen, späteren Forschern, wie J. v. Liebig, H. Hoffmann u. s. w. geteilt wird, so findet sie eine Stütze und beruht zum Teil wol auch auf einer Cultur und Analyse von *Salsola*, welche durch Cadet de Gassicourt²⁾ ausgeführt ist. Dieselbe wird auch von F. Unger³⁾ ohne Angabe des Autors reproducirt: „Der Same von *Salsola Kali* im Binnenlande gesät, liefert eine Pflanze, welche Kali und Natron enthält, und hiervon der Same liefert eine Pflanze, welche blos Kalisalze mit etwas weniger Kochsalz enthält“. Auf dieselbe Basis stützt sich auch wol jene Bemerkung von H. v. Mohl⁴⁾: „Strandpflanzen gedeihen auch auf einem Kochsalz-armen Boden, enthalten alsdann aber Kali anstatt Natron“.

1) l. c. p. 1499. *) *Salsola*.

2) Journ. de Pharmacie 1818 p. 381.

3) F. Unger: Ueber den Einfluss des Bodens auf die Verteilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des nördöstlichen Tyrols. Wien. 1836.

4) H. v. Mohl: Über den Einfluss des Bodens auf die Verbreitung der Alpenpflanzen. Dissertation von G. F. Ruehle 1838. In Mohl: Vermischte Schriften, Tübingen 1845. p. 396.

Gerade die hervorragenden Anhänger der Lehre vom chemischen Einfluss des Substrats wie O. Heer, F. Unger, Sendtner u. a. haben sich mit dem Einfluss des Kochsalzes wenig oder gar nicht beschäftigt. Eine Abhandlung von Braconnot¹⁾ über den Einfluss des Salzes ist mir leider nicht zugänglich gewesen.

Aber selbst J. Thurmann, der geistvolle und bedeutsamste Verteidiger der mechanischen Wirkung des Bodens gesteht in Bezug auf den Einfluss des Chlornatriums zu:²⁾ „Ici le cas n'est pas douteux, et l'influence chimique du sel marin est de la plus complète évidence; car en deçà et au delà des portions de sol qui en sont imprégnées, la plante disparaît ce qui se voit très-clairement le long des bâtiments de graduation“. „Mais ici il s'agit de sels essentiellement et constamment solubles dans l'eau.“ Auch Alphonse De Candolle, der berühmte Pflanzengeograph, kommt zu denselben Resultaten beim Studium der Verbreitung der Pflanzen wie Thurmann, dass nämlich der physikalische Einfluss des Bodens auf die Pflanzen für die Verbreitung derselben der überwiegendere sei. Aber er giebt auch zu³⁾, dass „les plantes des terrains salés feraient exception, ainsi qu'un nombre infiniment petit de plantes phanérogames, nombre qui semble très-faibles, et que les progrès de la science tendent toujours à diminuer. A l'état spontané les végétaux sont en quelque sorte omnivores“. Durch den Einfluss dieser beiden Männer wurde der spätere so energische Bekämpfer der Lehre von der mechanischen Wirkung des Bodens, Ch. Contejean, damals noch Schüler und Anhänger von Thurmann, zu der Erklärung veranlasst⁴⁾, dass zwar die Salzflora durch die Anwesenheit des Chlornatriums bedingt ist, „mais on ne peut tirer de ce fait aucune conclusion contre la théorie de l'influence mécanique du terrain“. Diese Behauptung ist jedoch später von Contejean als irrig zurückgenommen worden, zumal sie ja auch so ohne weitere Begründung von vorn herein unverständlich ist. — So ist denn der chemische Einfluss des Kochsalzes gleichwie des Ammoniaks eine wichtige Waffe gegen die Anhänger der physikalisch-mechanischen Bodentheorie gewesen, wie z. B. A. Le Jolis sagt⁵⁾: „Cette action chimique incontestable de certaines substances sur certaines plantes est une grave présomption qu'une action analogue des autres substances minérales contenues dans les terrains doit avoir lieu en général sur la dispersion des autres plantes.“

Die kritische Betrachtung dieser einander entgegenstehenden Hypothesen

1) Braconnot: De l'influence du sel sur la végétation. Nancy 1845. (Société des Sciences, Lettres et Arts de Nancy 1844 oder 1846?)

2) J. Thurmann: Essai de phytostatique, appliqué à la chaîne du Jura et aux contrées voisines ou Étude de la dispersion des plantes vasculaires envisagée principalement quant à l'influence des roches sous-jacentes. Berne 1849. p. 351.

3) Act. de la Soc. Helvét. des Sciences nat. 1852. p. 134.

4) Ch. Contejean: Remarques sur la dispersion des plantes vasculaires relativement aux roches sous-jacentes dans les environs de Montbéliard. Act. de la Soc. Helv. des Sciences nat. 1852. p. 201. Anm.

5) A. Le Jolis: De l'influence chimique des terrains sur la dispersion des plantes. Congrès scientif. de France. Session 27. t. I. Paris et Cherbourg 1861. p. 255.

und die Ergebnisse seiner eigenen Versuche führen H. Trautschold¹⁾ zu dem Schlusse, dass „die Wirkung des Bodens auf die Pflanze immer eine combinirt physikalisch-chemische ist, d. h. der Boden wirkt auf die Pflanzen sowohl durch seine chemischen Bestandtheile wie durch seine physikalische Beschaffenheit.“ „Gewisse Pflanzen sind abhängig von hervorragenden physikalischen Eigenschaften und von vorwaltenden chemischen Bestandteilen des Bodens. Niemals aber ist das Vorkommen der Pflanzen im ganzen grossen streng an das Vorkommen gewisser physikalischer Eigenschaften und gewisser chemischer Stoffe gebunden, noch weniger an eine gewisse Menge der letzteren.“ Zu letzterem Schlusse kommt er hauptsächlich durch die Flora des Salzbodens bei Sarepta. Derselbe trägt dort neben den ihm charakteristischen Halophyten auch Pflanzen, die sonst auf Salz-leerem Boden und zwar nicht nur auf dem Lehm- und Sandboden der Berge bei Sarepta sondern fast überall wachsen, wie *Lotus corniculatus*, *Pulicaria vulgaris*, *Achillea Millefolium*, *Cichorium Intybus*, *Crepis tectorum* u. a.

In dem Auftreten von Meeresorganismen im Binnenlande, und zwar von Algen und Phanerogamen des Meeres in einem Salzbach in der goldenen Aue sieht F. Cohn²⁾ „eine neue Bestätigung für den alten Satz, dass unter gleichen chemischen und physikalischen Bedingungen gleiche Organismen sich ansiedeln“. Über die gleichzeitig sich dort vorfindenden terrestrischen Salzpflanzen bemerkt er³⁾: „Man kann diese, wie die grosse Zahl ähnlicher Pflanzen, geradezu als untrügliche Anzeichen für das Vorkommen von Salz betrachten“. Diesen letzteren Gesichtspunkt benutzte auch P. Ascherson⁴⁾, um die Salzstellen der Mark Brandenburg durch ihre Flora nachzuweisen. Er unterscheidet dabei zwischen Halophyten, welche bestimmt auf Kochsalz des Bodens deuten, und Halophilen, die zwar entschieden Salzboden vorziehen und auf demselben häufig vorkommen, aber auch oft an Stellen wachsen, denen man keinen besonderen Salzgehalt zuschreiben kann. Zu ersteren rechnet er nur: *Apium graveolens* L., *Aster Tripolium* L., *Atriplex hastatum* L. var. *salinum* Wallr., *Bupleurum tenuissimum* L., *Glaux maritima* L., *Juncus Gerardi* Loisl., *Plantago maritima* L., *Salicornia herbacea* L., *Scirpus rufus* (Huds.) Schrad., *Spergularia marina* (L.) Gke. — „Der Umstand, dass manche Salzpflanzen auch auf Bitter- und Glaubersalzterrain bei Pilna, Sedlitz und Seitschitz im nördlichen Böhmen vorkommen“, lässt ihn schliessen, dass dieselben „also wohl mehr als Natron, denn als ausschliessliche Chlornatriumpflanzen aufzufassen sind.“

1) H. Trautschold: Bemerkungen und Versuche zur Frage über den Einfluss des Bodens auf die Pflanzen. Bull. d. l. Soc. Impér. des Natural. de Moscou. XXXI. 2. 1858. p. 329—94.

2) F. Cohn: Über Meeresorganismen im Binnenlande. Jahresb. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur 1857. p. 104.

3) l. c. p. 97.

4) P. Ascherson: Die Salzstellen der Mark Brandenburg in ihrer Flora nachgewiesen. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XI. 1859. p. 90—100.

H. Hoffmann¹⁾ ist auf Grund von topographisch - statistischen und klimatologischen Untersuchungen sowie chemischer und physikalischer Analysen „genötigt anzuerkennen, dass nicht in der chemischen Qualität sondern in den physikalischen Verhältnissen des Bodens das specifisch Bestimmende zu suchen ist“, diese aber wieder abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Bodens sind. Er läugnet daher die Existenz von Kalkpflanzen, glaubt auch die Existenz von Kali- und Kieselpflanzen verneinen zu müssen. „Was dagegen die Salzpflanzen betrifft²⁾, so lehren schon die ausschliesslich im Meere und an salinischen Stellen vorkommenden Algen und Strandpflanzen, dass es in der Tat solche giebt, welche also ganz entschieden einen grösseren Salzgehalt im Substrate verlangen; doch auch hier ist man vielfach in Übertreibung geraten, und es bleibt deshalb auch hier nur der Weg des Versuchs übrig, um für jeden einzelnen Fall die Frage zu entscheiden“. Auf seine sich hierauf beziehenden Culturversuche komme ich später zu sprechen. Derselbe Forscher äussert sich bei anderer Gelegenheit³⁾ über die Ersetzung des Natriums durch Kalium und umgekehrt, dass aus allgemeinen chemischen Gründen eine solche Vertretung zu erwarten sei. Die Analysen von Cloëz⁴⁾, welcher bei *Crambe maritima* L. vom Meeresufer das Verhältnis von Kali zu Natron wie 1000 : 960, bei Exemplaren von Paris wie 1000 : 89 fand, und Culturversuche mit *Plantago maritima* L., welche bei Zusatz von Chlorkalium eben so gut gedieh wie anderwärts, heben ihm jeden Zweifel.

In Bezug auf die Veränderungen, welche die Cryptogamen und Phanerogamen durch Einwirkung des Kochsalzes erleiden, bemerkt F. Cohn⁵⁾, dass „ein Zusammenhang der chemischen Zusammensetzung des Wassers mit den in ihm vegetierenden Algen bis jetzt hauptsächlich für das Kochsalz nachgewiesen ist, insofern vor allem die Algen des Meeres sich von denen des süssen Wassers fast durchweg specifisch unterscheiden. Bei geringerem Salzgehalt werden die Seealgen kleiner, spärlicher und gehen in die Formen des Brackwassers über, welche wieder zu denen des süssen Wassers den Übergang vermitteln“. Der Einfluss des Salzgehaltes im Boden auf die Phanerogamenflora macht sich schon innerhalb einer relativ geringen Zeit bemerkbar. So teilt Cohn Beobachtungen von v. Üchtritz mit, dass „so weit die Einwirkung eines Soolgrabens bei Goczalkowitz reichte, an einigen einheimischen Pflanzen eine Veränderung wahrzunehmen war. *Atriplex patula* zeigte so fleischige Blätter wie sonst nie bei uns und wie anderwärts nur an Salinen oder am Strande. Von *Lepigonum rubrum* war nur die fette, habituell sehr an *L. medium* erinnernde Salzform und zwar zahlreich

1) H. Hoffmann: Untersuchungen zur Klima- und Bodenkunde mit Rücksicht auf die Vegetation. Bot. Ztg. XXIII. 1865. Beilage. p. 1—124.

2) l. c. p. 89.

3) H. Hoffmann: Über Kalk- und Salzpflanzen. Landwirtsch. Versuchsstationen XIII. 1871.

4) Bull. de la Soc. chim. 1869.

5) F. Cohn: Über die Algen in den Thermen von Johannisbad und Landeck nebst einigen Bemerkungen über die Abhängigkeit der Flora vom Salzgehalt. 52. Jahresber. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur. 1874. p. 116.

vertreten und *Plantago major* präsentierte sich in einer Form, die als β . *intermedia* Lange unterschieden wird, bei welcher die ganze Pflanze niedriger aber kräftiger und mit veränderten Blättern versehen ist.“

Diese Abhängigkeit und diese sofortige Reaktion der Pflanzen auf den Salzgehalt ist, wie schon erwähnt, von den Anhängern des chemischen Einflusses wiederholt zu ihren Gunsten angeführt worden. Namentlich war es Ch. Contejean, der hierauf energisch hinwies. Auf all die spezifischen Pflanzenarten des Granites, Kalkes und Salzes reagiert der Boden in gleicher Weise; besonders bei den Salzpflanzen „il est donc bien évident¹⁾ que l'action chimique devient ici prépondérante, exclusive; elle paraît annuler celle du sol, puisque les mêmes espèces maritimes se rencontrent presque indifféremment sur le sable, sur le calcaire, sur le granite“. Contejean bestreitet durchaus nicht den nebenhergehenden physikalischen Einfluss und bringt die Salzpflanzen in das Thurmannsche System unter. Er unterscheidet wie dieser hygrophile und xerophile Pflanzen in jeder durch die chemische Wirkung des Bodens bedingten Gruppe. „Les premières²⁾ recherchent l'humidité et les sols meubles et profonds; les secondes recherchent la sécheresse et se contentent des sols les plus superficiels. Dans le groupe des hygrophiles il y a des plantes péliques, des psammiques et des pélopsammiques. Les premiers recherchent un milieu argileux; les deuxièmes, un milieu sableux; les troisièmes, un milieu argilo-sableux, ou bien encore s'accommodent presque également du sable ou de l'argile.“ Er bringt demnach z. B. eine Reihe von Salzpflanzen folgendermassen unter:

„Xérophiles: *Crithmum maritimum*, *Statice ovalifolia*, *Asplenium marinum*.

Hygrophiles:

- a. péliques: *Statice Limonium*, *Atriplex portulacoides*, *Spartina stricta*.
- b. pélopsammiques: *Arenaria marginata*, *Aster Tripolium*, *Salsola Soda*, *Glaux maritima**).
- c. psammiques: *Cakile maritima*, *Salsola Kali*, *Honkenya peploides**), *Psamma arenaria*“.

In einer ähnlichen späteren Arbeit³⁾ von ihm finden wir eine eingehende Beschreibung der Florenverhältnisse des Strandes, welchen er in 3 Zonen teilt, Verhältnisse die sich ähnlich auch bei uns feststellen lassen würden. Viele dieser in den Kochsalz-reichen Zonen wachsenden Pflanzen weichen von ihren Formen des gewöhnlichen Bodens durch die reichliche Behaarung oder durch die glatte, glänzende Oberhaut, durch hellgrüne Färbung und durch die dicken, fleischigen Blätter ab. Contejean zählt von solchen Arten folgende auf: *Erodium cicutarium*, *Matricaria inodora*, *Raphanus Raphanistrum*, *Plantago lanceolata*, *P. Coronopus*, *Herniaria glabra*, *Passerina annua*, *Lotus corniculatus*, *L. siliquosus*, *Jasione*

1) Ch. Contejean: De l'influence du terrain sur la végétation. Ann. d. Sciences nat. Bot. V. sér. T. XX. 1874.

2) l. c. p. 300.

*) Nach der folgenden Arbeit Contejeans von mir eingereiht.

3) Ch. Contejean: De l'influence du terrain sur la végétation. Ann. d. Sc. nat. VI. sér. T. II. 1875. p. 235—49.

montana, *Samolus Valerandi*, *Bromus mollis*, *Lolium perenne* etc. Hinzufügen könnte man noch: *Ranunculus aquatilis* L. *fol. capillaceis*¹⁾, *Euphrasia Odontites* L. *subsp. litoralis*²⁾, *Anthyllis vulneraria* L. var. *maritima* Schweigg., *Trifolium (hybridum)* L.³⁾, *Polygonum aviculare* L. u. a.

Nach seinen speciellen Studien giebt Contejean eine Aufzählung³⁾ der Arten der 3 Zonen mit Angabe der physikalischen Bedingungen, die sie in diesen Zonen aufsuchen. Auf Grund seiner Untersuchungen kommt er zu folgenden Schlüssen: „Le sel marin⁴⁾ repousse avec la plus grande énergie les végétaux auxquels il n'est pas indispensable, et, en particulier, ceux qui appartiennent à la flore terrestre“, und zwar „plus énergiquement⁵⁾ qu'il ne peut fixer et attirer les plantes maritimes“ in Folge „de la station, puis le climat et la concurrence vitale, qui opposent des obstacles aux tentations de naturalisation les mieux conçues“. „La répulsion⁶⁾ exercée par le chlorure de sodium sur les plantes terrestres est plus grande que l'attraction qu'il peut exercer sur les plantes maritimes“. Ähnliche Hindernisse setzen sich dem Eindringen der Halophyten in die Continentalflora entgegen, obgleich „le sel marin n'est pas absolument indispensable⁷⁾ à la plupart des plantes maritimes, ou, tout au moins, que la plupart des plantes maritimes peuvent accomplir toutes les phases de leur végétation dans un milieu où le sel marin n'entre pas en plus forte proportion que dans la terre ordinaire“. Die Beobachtung ferner⁸⁾, dass bei vielen Salzpflanzen der Kochsalzgehalt von der Wurzel bis zur Spitze schnell abnimmt, und sich in den Blüten nur sehr wenig Chlornatrium vorfindet, legt ihm den Schluss nahe, dass viele dieser Pflanzen das Natron eher ertragen, als desselben bedürfen, und dass sie die Salzstellen nur bewohnen, weil die übrigen Pflanzen dieselben frei lassen. „D'où il semble résulter que la soude ne peut remplir les fonctions de la potasse, non plus que la remplacer dans l'organisme, chez quelques-unes sinon chez des Halophytes“.

In einer weiteren Publikation⁹⁾ zeigt Contejean u. a. eine wie geringe Menge Chlornatrium erforderlich ist, um Salzpflanzen im Innern des Landes gedeihen zu lassen: „Sur nos plages du sud-ouest, beaucoup d'halophytes (*Matthiola sinuata*, *Cakile maritima*, *Arenaria peploides*, *Eryngium maritimum*, *Convolvulus Soldanella*, *Salsola Kali*, *Atriplex crassifolia*, *Euphorbia Paralias* etc.) croissent dans des sables qui ne troublent pas la dissolution de nitrate d'argent et où l'analyse optique trouve avec peine de soude. Cette même analyse montre qu'un grand nombre de plantes terrestres renferment de la soude, au moins dans leurs racines quand le sol n'en indique pas le moindre vestige“.

1) Nach H. Hoffmann: Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855—80. Bot. Ztg. 1881.

2) cf. W. O. Focke: Culturversuche mit Pflanzen der Inseln und Küsten. Abh. d. naturw. Ver. zu Bremen IV. 3. 1875. p. 278—82.

3) l. c. p. 289 — 91.

4) l. c. p. 240.

5) l. c. p. 248.

6) l. c. p. 305.

7) l. c. p. 246.

8) Ch. Contejean: La soude dans les végétaux. Compt. rend. LXXXVI. 1878.

9) Ch. Contejean: Pourquoi l'on rencontre quelquefois les plantes du calcaire associés à celles de la silice. Compt. rend. LXXXVIII. 2. 1879.

Die letztere Angabe scheint wohl etwas übertrieben zu sein, denn jeder Boden enthält soviel Natronverbindungen, wenn auch nicht als Chlornatrium, dass die selben leicht durch optische Analyse nachgewiesen werden können. In seiner Géographie botanique¹⁾ hat dann Contejean seine früheren Arbeiten über den Einfluss des Substrats zusammengefasst und vermehrt durch eigene neue Studien sowie die Mitteilungen anderer. Er zeigt wie überall das Uebergewicht des chemischen Einflusses wirkt, welches sich besonders durch Ausschluss von gewissen Pflanzen auf bestimmten Böden erweist. Er spricht u. a. den Wunsch aus²⁾: „Il serait intéressant de connaître la quantité de soude nécessaire pour expulser les plantes terrestres et celle qui suffit pour fixer les plantes maritimes dans les zones salées; malheureusement aucune expérience n'a été faite à cet égard sur les végétaux spontanés.“

Nun besitzen wir aber von E. Harms³⁾ eine gleichzeitige Aschen- und Bodenanalyse von Salzpflanzen; und zwar fand derselbe *Aster Tripolium* L. mit 30,30—68,49 % Na Cl nebst 1,36—14 % Na₂O in der Asche — oder den höchsten und niedrigsten Natrongehalt in den verschiedenen Organen auf Na₂O berechnet — 33,47—77,48 % Na₂O auf einem Boden, der auf 1000 Teile 6,699 Na Cl, 1,211 Na₂O in Wasser, 3,163 Na₂O in verdünnter Salzsäure, 4,936 Na₂O in concentrirter Schwefelsäure löslich oder 1,285 % Na₂O, wovon 0,475 in Wasser löslich, enthielt, und ebenso *Chenopodium maritimum* L. mit 71,86—76,91 % Na Cl und 2,30—5,0 % Na₂O oder im ganzen 76,75—86,52 % Na₂O auf einem Boden, ergebend auf 1000 Teile 10,918 Na Cl, 0,981 Na₂O in Wasser, 2,835 Na₂O in verdünnter Salzsäure, 4,494 Na₂O in concentrirter Schwefelsäure löslich oder 1,410 % Na₂O, wovon 0,677 in Wasser löslich. Ueber das Verhalten der übrigen Flora zu diesem starken Salzgehalt sagt er nichts. Auch E. Gadeceau⁴⁾ giebt als Procentgehalt an Kochsalz von Gewässern, welche sich bei einer von ihm im Binnenlande entdeckten *Triglochin maritimum* L. fanden, 1,5—5 % an.

Einen direkten Beweis für die Abhängigkeit der Salzpflanzen vom Chlornatriumgehalt des Bodens führt R. Braungart an⁵⁾; „Wenn an den Meeresküsten nach Eindeichung der Fläche mit lehmsandigen Boden und der dadurch bewirkten Verhinderung einer ferneren Benetzung mit Salzwasser nach einigen Jahren die Salzflora (*Aster Tripolium* etc.) verschwindet, was offenbar daher rührt, dass der Salzgehalt des Bodens durch Regenwasser ausgelaugt wurde, so ist es unmöglich zu sagen, dass hier die physikalischen sondern lediglich die chemischen Eigenschaften (der Salzgehalt) des Bodens und dadurch die Pflanzen eine Veränderung erlitten haben“.

1) Paris. 1881. 2) Géogr. bot. p. 69.

3) E. Harms: Analyse der Asche einiger Pflanzen und des Bodens, worauf diese gewachsen. Ann. d. Chemie und Pharmacie herausg. v. Wöhler, Liebig u. Kopp. 94. 1855.

4) E. Gadeceau: Note sur la découverte de deux plantes salicoles. Bull. de la Soc. Bot. de France T. XXVIII. 1881.

5) R. Braungart: Giebt es bodenbestimmende Pflanzen? Journ. f. Landwirtsch. herausg. v. Henneberg u. Drechsler. XVII. 1879. und XVIII. 1880 (ed. 1881.) (XVIII. p. 70.)

H. Hoffmann, der auf Grund seiner schon erwähnten Methoden sich den Verfechtern des physikalischen Bodeneinflusses zugesellte, glaubt diesen auch durch seine Variationsversuche¹⁾ bestätigt zu haben. Er cultivierte jene Pflanzen, welche sonst auf nicht-salzigem Boden wachsen, aber auch auf demselben vorkommen und zwar mit fleischigen Blättern. „Die mit aller Consequenz durch viele Generationen durchgeführten Versuche, solche Succulenz künstlich hervorzurufen, haben aber ein negatives Resultat ergeben. Demnach scheinen auch diese Formen rein accommodativer Natur zu sein, aus einer zufälligen aber seltenen Variation hervorgegangen“. Er sieht deshalb die Salzpflanzen als solche an, „die einen grösseren Salzgehalt des Bodens ertragen können als andere und einen feuchteren Boden verlangen, der ihnen dadurch verschafft wird. Aber sie bedürfen desselben nicht und gedeihen durch viele Generationen in jeder Beziehung auch ohne Salzzusatz ganz gut.“ „Auch die submersen Meerpflanzen²⁾ gedeihen zum grossen Teil auch im Süsswasser: Charen, viele Diatomeen. Selbst *Fucus vesiculosus* ist noch im Süsswasser lebensfähig und spontan vertreten (bei Magdeburg und Schleswig.) Wichtig ist, dass das Salz auch von den Seepflanzen nicht assimiliert wird, sondern nur den Körper durchdringt, daher ausgelaugt werden kann.“ Wohin eine solche unbedingte Ergebenheit an die Theorie des physikalischen Einflusses führen kann, sieht man aus dieser Erklärung von Hoffmann. Die Salzpflanzen gedeihen nur deshalb im Salzboden, weil sie in diesem die ihnen zusagende Feuchtigkeit finden! Ähnliche Feuchtigkeitsverhältnisse finden sich doch an vielen Stellen im Boden, und doch wachsen dort keine Salzpflanzen. Ferner bedenkt Hoffmann nicht, dass dieselben künstlich im botanischen Garten gezogen, auch bei dem Natrongehalt des Bodens fortkommen, den sie dort vorfinden, und dass sie nur deshalb nicht überall zu finden sind, weil sie im Kampf ums Dasein von den übrigen Pflanzen verdrängt werden. Sie können diesen Kampf aufnehmen an den weniger Salz-haltigen Orten wie z. B. den Salzwiesen; sie sind die Sieger an den Orten mit starkem Salzgehalt, wie an den Salinen, am Meeresstrande und in den Salzsteppen, wo neben ihnen nur wenige andere Arten gedeihen können. Letzteres ist auch F. Krasan entgegenzuhalten, welcher sagt³⁾: „Dagegen haben Kalk, Chlornatrium und Ammoniak eine repulsive Kraft für sehr viele Arten; von Chlornatrium kann man geradezu sagen, dass es in grösserer Menge im Boden enthalten viel mehr Arten abstosse und fern halte, als es deren anziehe und fest halte“. Das ist doch chemischer Einfluss! „Wenn sich dennoch der Kalk, das Chlornatrium und Ammoniak in den meisten Fällen theils an der Verbreitung der Arten theils an der Physiognomie der einzelnen Pflanzen verraten, so ist gleichwohl die Behauptung Contejeans, dass der chemische Einfluss des Bodens wichtiger sei, als

1) H. Hoffmann: Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855—80. Bot. Ztg. 1881.

2) l. c. p. 429. Es ist dies wohl zu bezweifeln, da es andere Arten sind. Auch die übrigen Angaben sind nicht richtig.

3) F. Krasan: Die Erdwärme als pflanzengeographischer Faktor. Englers Bot. Jahrb. II. 1882 p. 253.

der physikalische, noch weit davon entfernt, der Ausdruck eines wirklichen Faktums zu sein“. „Beide Erklärungsweisen gehören in ein System, sie sollen einander ergänzen, nicht bekämpfen, da es Sache des Naturforschers ist, jedem Einfluss oder jeder Wirkung der waltenden Naturkräfte nach dem richtigen Mass Rechnung zu tragen und dieselben im richtigen Verhältniss zu allen übrigen zu erkennen“. — Genau dieser Vorschrift gemäss hat Contejean seine Beobachtungen angestellt.

Eine eigentümliche Ansicht über den Einfluss des Chlornatriums auf das Protoplasma und den Habitus der Salzpflanzen hegt R. Kell¹⁾ beim Studium einer Salzflora bei Frankenhausen in Thüringen. „Diese Salinengewächse zeigen viel höheren Wuchs als die gleichen an der Seeküste wachsenden Arten; die Zellen der letzteren unter steter Einwirkung concentrirter Salzlösungen sind einer fortwährenden, natürlichen Plasmolyse unterworfen, ihre Turgescenz ist auf ein Minimum reducirt, was ein äusserst geringes Wachstum der vegetativen Organe zur Folge hat“. — Trotz des geringen Wachstums sind sie aber grösser als die Seestrandpflanzen? Ist ein Wachstum bei beständiger Plasmolyse überhaupt möglich? — Pfeffer und Klebs haben in neuester Zeit zwar gezeigt, dass bei gewissen Wasserpflanzen bei Plasmolyse durch organische Stoffe noch Wachstum eintreten kann, dass aber eine Plasmolyse durch anorganische Salze bald tödtlich wirkt²⁾.

Das ist dasjenige, was ich in der Litteratur über diesen Gegenstand gefunden habe. Wenn ich vielleicht auch einzelne zerstreute Nachrichten, wie sie ja bei der Allgemeinheit des Thema's in den verschiedensten Abhandlungen noch vorkommen mögen, übersehen habe, so glaube ich doch das wichtigste, was bis jetzt hierüber vorgebracht ist, hier angeführt zu haben.

2. Ueber das Vorkommen von Natron in den Pflanzen und den Natrongehalt der Pflanzenaschen.

Wenn das Kochsalz zum Leben der Halophyten notwendig sein soll, so muss es sich wiederum in grösserer Menge in ihnen vorfinden und durch die chemische Analyse in ihren Aschen nachzuweisen sein; ebenso muss man Natron in den Pflanzen finden, wenn es ihnen als Nahrungstoff dienen soll J. v. Liebig³⁾ und E. Wolff⁴⁾ geben eine Zusammenstellung einer sehr grossen Anzahl von Analysen der verschiedensten Pflanzenaschen. Man sieht aus denselben, dass fast alle Pflanzen entweder direct Chlornatrium enthalten, oder doch andere Natronverbindungen in ihnen nachgewiesen werden können, dass also Natron von ihnen aufgenommen wird.

¹⁾ R. Kell: Die Flora des Kyffhäusergebirges. Sitzungsber. u. Abh. der naturw. Gesellsch. Isis in Dresden 1882.

²⁾ Klebs: Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Berlin B. V. 1887. p. 181—88.

³⁾ J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie VII. Aufl. Braunschweig 1862. I. p. 342—419.

⁴⁾ E. Wolff: Aschenanalysen. Berlin 1871.

Nun behauptet zwar E. Péligot¹⁾, dass bei den meisten älteren Analysen ein Irrtum vorliegt, weil diese Angaben über den Natrongehalt „sont presque toujours le résultat de dosages indirects“, zumal seine Methoden in einer Reihe von Pflanzen, in denen man Natron aufgefunden hatte, dasselbe nicht zeigten. Nur in einer Anzahl von Halophilen und einigen andern Gewächsen konnte er die Existenz von Natron und zwar in der Verbindung Chlornatrium nachweisen. Er glaubt deshalb annehmen zu dürfen, dass das Natron im Pflanzenreich sehr wenig verbreitet ist, und dass es nicht im Stande ist, das für die Pflanzen durchaus notwendige Kali zu ersetzen, ja dass die meisten Pflanzen, ausgenommen die Halophyten, „ont pour la soude une indifférence, je dirai même une antipathie dont il faut grandement tenir compte dans le choix du sol, des engrais, des amendements et des eaux, qui doivent concourir à leur développement“. „L'absence²⁾ de cet alcali ne peut être attribué à l'absence des sels de soude, notamment du sel marin dans le sol et dans les engrais; car à côté de ces plantes, il s'en développe d'autres qui renferment de la soude en notable quantité“. Ferner glaubt Péligot, dass bei solchen Pflanzen, welche in gewöhnlichem Boden gewachsen kein Natron enthalten, bei welchen aber, in Salzboden kultiviert, Chlornatrium in ihren Aschen nachgewiesen werden konnte, dieses Salz herrührt „non du terrain, mais de l'air qui les environne; il se fixe à la surface de la plante, par suite d'un transport purement mécanique“. Er wird zu dieser Ansicht geführt durch Versuche, die er angestellt hat, indem er *Phaseolus* mit Lösungen von Kochsalz oder Natronsalpeter begoss. Aus den von den Pflanzen gemachten Analysen folgt ihm, „que le sel marin, l'azotate de soude ont été absolument délaissés par les plantes; aucune des cendres ne renferme de la soude“.

Diesen Versuchen Péligots ist folgendes entgegenzuhalten: Einerseits haben wir neuere Analysen von Pflanzen, die fast alle einen mehr oder minder grossen Gehalt von Natron zeigen; andererseits hat G. Bunge³⁾ gezeigt, dass Péligot sich Unregelmässigkeiten in seinen Analysen zu Schulden kommen liess, da er verabsäumt hat, die sich in den Aschen bildenden, in Wasser unlöslichen Doppelphosphate der Alkalien und alkalischen Erden zu beachten und so zu seiner Negierung des Natrongehalts kommt. Bunge analysierte ähnliche und gleiche Pflanzen wie Péligot und fand: „Der Natrongehalt des unlöslichen Teils der Asche ist aber nicht zu bezweifeln; er ist zwar gering aber doch mit Sicherheit nachweisbar und quantitativ genau bestimmbar“.

Ferner hat P. Déhérain⁴⁾ nachgewiesen, dass auch die von Péligot durch

1) E. Péligot: Sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux. Ann. d. Sciences nat. V. sér. t. VIII. 1867. und Ann. de Chimie et de Physique IV. sér. t. XII. 1867.

2) E. Péligot: Sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux. Ann. de Chimie et de Physique IV. sér. t. XXX. 1873.

3) G. Bunge: Über den Natrongehalt der Pflanzenaschen. Ann. d. Chem. u. Pharm. 1874.

4) P. Déhérain: Sur l'assimilation des substances minérales par les plantes. Ann. d. Sciences nat. Bot. VI. sér. t. VI. 1878.

seine Culturen erlangten Schlüsse falsch sind. Er cultivierte *Phaseolus* in Nährlösung, welche viel Kochsalz enthielt, und fand, „que le chlorure de sodium peut pénétrer dans les plantes qui n'en renferment pas d'ordinairement“. Allerdings bemerkt er, dass diese Absorption nur stattfindet, wenn die Pflanzen Lösungen antreffen, in denen das Chlornatrium in reichlicher Menge vorhanden ist, was bei der gewöhnlichen Ackererde nicht der Fall ist. Déhérain beobachtete weiter, dass in Abwesenheit aller anderen Salze Chlornatrium günstig auf die Pflanzen wirkt und zwar einen Einfluss hatte „sur l'utilisation des matériaux accumulés dans les cotylédons; tandis qu'un Haricot enraciné dans l'eau distillée conserve ses cotylédons gonflés et turgescents pendant fort longtemps; il suffit d'enraciner la plante pendant quelques jours dans l'eau renfermant de petites quantités de sel marin pour que les cotylédons se vident complètement“. „Le sel marin favorise la migration des matériaux contenus dans les cotylédons; ce que ne fait pas l'eau distillée.“ Er glaubt aber, dass vielleicht irgend ein anderes Salz eine ähnliche Wirkung ausübt. Ist das Kochsalz mit anderen Stoffen in reichlicher Menge gemischt, so nimmt die Pflanze diese leichter auf und das Natron in sehr geringer Menge, so dass es oft nur durch die Flammenreaktion nachzuweisen ist.

Auch die Frage, wie und wo das Kochsalz in den Salzpflanzen vorkommt, finden wir beantwortet. Déhérain kochte *Salsola Soda* mit Wasser und erneuerte dasselbe so lange, bis es mit salpetersaurem Silber sich nicht mehr trübte. In den Aschen konnte er dann kein Chlornatrium nachweisen. Es beweist dies also, obwohl das Salz zur normalen Entwicklung dieser Pflanzen notwendig ist, „que cette matière minérale n'a contracté aucune combinaison avec ces tissus“.

Andererseits constatirte Ch. Contejean¹⁾: „Presque toujours cette base reste accumulée dans la partie souterraine du végétal et diminue au fur et à mesure qu'on s'élève dans la partie aérienne, de façon que la fleur et même les bractées, les rameaux et le haut de la tige n'en donnent aucun indice tandis qu'on en trouve dans le bas de la tige et les feuilles inférieures et plus encore dans la racine. Les Halophytes elles-mêmes n'échappent point à cette loi et plusieurs ne renferment pas de soude dans la fleur“. Diese letztere Beobachtung wird durch Analysen von C. Counciler²⁾ bestätigt. Er fand durch dieselben bei *Aster Tripolium* L., „dass der Natrongehalt in den Wurzeln am höchsten, in den Stengeln etwas fällt, in den Wurzel- und Stengelblättern erheblich gesunken jedoch noch immer dem Kaligehalt überlegen ist, während in den Blüten Kali und Phosphorsäure aufgespeichert werden“. Während der Natrongehalt von unten nach oben abnimmt, steigert sich der Kaligehalt in gleicher Richtung. Counciler ist „überzeugt, dass *Aster Tripolium* zwar grosse

1) Ch. Contejean: La soude dans les végétaux. Compt. rend. LXXXVI. 1878. und Bull. de la Soc. Bot. de France T. 25. 1878.

2) C. Counciler: Aschenanalysen der einzelnen Teile von *Aster Tripolium*. Bot. Centralbl. 1881. VII. p. 245—49.

Mengen von Chlornatrium verträgt, aber durchaus kein Natron und nur wenig Chlor zur normalen Entwicklung bedarf. Wahrscheinlich kann man es völlig Natron-frei erziehen.“

Der Kochsalzgehalt der Salzpflanzen ist von Standort zu Standort verschieden, und stimmen die Angaben wenig überein. Während z. B. De Candolle¹⁾ den Chlornatrium-Gehalt von *Salsola* und *Salicornia**) auf 15—16,5% angiebt, ist derselbe nach Uloth²⁾ bei den nämlichen Gattungen*) ca. 60%. Auch die Analysen von *Aster Tripolium* L., ausgeführt durch Harms³⁾ und Councler⁴⁾ an Wurzelblättern, Stengeln, Stengelblättern und Blüten, geben abweichende Resultate. Darin stimmen aber die Analysen der verschiedenen Organe überein, dass der grösste Gehalt von Chlornatrium in Wurzel und Stengel zu finden ist, und dass der Kochsalzgehalt der Blüten und Samen bedeutend geringer ist als in den Stengeln und Blättern. — Den höchsten bis jetzt nachgewiesenen Kochsalzgehalt hat Harms³⁾ im Stengel von *Chenopodium maritimum* L. aufgefunden. Neben 5% anderweitig gebundenem Natron waren in der Asche 76,91% NaCl — also mehr als $\frac{3}{4}$ der Gesamtasche und $18\frac{1}{2}$ % des Trockengewichts der Pflanze. Einen bedeutenden Chlornatriumgehalt weisen dann noch auf, so weit Analysen bis jetzt ausgeführt sind⁵⁾: *Plantago maritima* L. mit 62,53% NaCl + 22,04% Na₂O, *Cochlearia anglica* L. mit 63,60% NaCl + 7,74% Na₂O, *Aster Tripolium* L. mit 44—68% NaCl und *Arenaria media* L. mit 48,98% NaCl + 7,02% Na₂O. Es fehlen uns allerdings noch die Analysen von vielen unserer bekanntesten Halophyten, wie *Glaux maritima* L., *Salsola Kali* L., *Honkenya peploides* Ehrh., *Cakile maritima* Scp., den Salicornien u. a.

3. Ueber Düngung mit Kochsalz.

Die Frage, ob Natron für die Pflanze ein durchaus nötiger Nährstoff ist, hat sich erst in neuerer Zeit durch die Wasserculturen entschieden, und es hat sich dabei Natron, in richtigem, geringem Procentverhältnis zugesetzt, als ein für die Pflanze nützlicher aber allerdings entbehrlicher Bestandteil herausgestellt⁶⁾, wenigstens was die gewöhnlichen Land- und Wasserpflanzen betrifft. Nie aber findet eine Vertretung von Kali durch Natron statt.

Diese Frage nach der Nützlichkeit des Kochsalzes ist eine uralte, und die Meinungen der Botaniker und besonders auch der Landwirte sind weit darüber auseinander gegangen, und ebenso haben schon sehr früh angestellte Experimente die widersprechendsten Resultate gegeben. Was insbesondere die Wirkung des

1) De Candolle: Physiologie végétale. Paris 1832. p. 1387. *) Ohne nähere Angabe der Arten.

2) cf. H. Hoffmann: Über Kalk- und Salzpflanzen. Landw. Versuchsst. XIII. 1871.

3) l. c. Ann. d. Chemie u. Pharm. hg. v. Wöhler, Liebig u. Kopp. 94. 1855.

4) l. c. Bot. Centralbl. VII. 1881.

5) cf. E. Wolff und J. v. Liebig, l. c.

6) cf. A. Mayer: Lehrbuch der Agriculturchemie. Heidelberg 1876. I. p. 262 — 64 u. p. 254, Zeile 11—22.

Kochsalzes als Düngmittel betrifft, so scheint sie neben seiner ernährerischen Tätigkeit hauptsächlich in seinem chemischen Einfluss auf die anderen Bodensubstanzen zu liegen, indem es dieselben aufschliesst, sie leichter löslich und dadurch für die Pflanzenwurzeln aufnehmbar macht. Als gut empfohlen wird Düngung mit Kochsalz bei Hanf¹⁾, Mais, Klee und Wiesengras²⁾. Bei letzteren bezeichnet H. Bardeleben³⁾ $\frac{1}{2}$ % als Grenze, von der an es seine schädlichen Eigenschaften äussert.

De Candolle⁴⁾ erwähnt: „Rafu assure qu'un seul grain de sel commun sur 200 grain d'eau — (also auch $\frac{1}{2}$ %) — suffit pour retarder la végétation, des plantes et que cette solution peut même finir par les tuer. D'autres disent, mais sur des expériences faites en pleine terre, et par conséquent moins précises, qu'il excite la végétation“.

G. Reinders⁵⁾ fand bei Ländereien, welche durch Überschwemmung mit Meerwasser unfruchtbar geworden waren, in dem Bodenwasser neben anderen Salzen 1 % Na Cl, welches hier also selbstverständlich die Verwüstung hervorrufen musste, da nach meinen eigenen Beobachtungen eine 1procentige Chlornatriumlösung genügt, um Plasmolyse hervorzurufen. Auch Chatin⁶⁾ bestätigt aus seinen Experimenten „à dose un peu élevée“ den schädlichen Einfluss des Chlornatriums. P. Déhérain⁷⁾ erwähnt: „M. Schloesing a donné, il y a déjà plusieurs années, la composition de l'eau contenue dans la terre arable; il a notamment dosé la soude et la quantité la plus forte qu'il ait trouvée est de 0,0425 gr. par litre. Si nous calculons la quantité de sel marin correspondante, nous trouvons qu'elle est seulement de 0,0769 gr.*) par litre; or nous venons de voir que 1 gramme par litre dans une dissolution complexe est une quantité insuffisante pour que la plante s'en empare“. Düngungsversuche mit Kochsalz würden ergeben, dass dasselbe „se répartit bientôt dans toute la couche arable. Mais s'il s'y rencontre en quantité plus considérable, la culture devient impossible, soit parce que le sel marin lui-même pénètre dans les plantes et les fait périr, soit parce qu'il provoque la formation d'autres chlorures assimilables qui peuvent exercer à leur tour une influence funeste“. Chlornatrium tauscht namentlich mit dem schwefelsauren Kalk die Säuren aus und so entstehen schwefelsaures Natron und Chlorcalcium. Nun ist letzteres aber ein den Pflanzen äusserst schädlicher Stoff. Das Kochsalz kann so nach Déhérain in-

1) cf. J. Nessler: Über die Düngung des Hanfes mit Kochsalz. Wochenbl. d. landw. Vereins im Grossherzogtum Baden. 1874. Nro. 14.

Ferner: Brugger: Über das Ergebnis von Hanfbauversuchen. ibid. 1875. Nro. 3.

2) cf. J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 7. Aufl. Braunschweig 1862.

3) Jahresber. d. Bochumer Gewerbeschule 1868. Nicht gesehen.

4) A. P. De Candolle: Physiologie végétale. Paris 1832. p. 1344.

5) G. Reinders: Beitrag zur Kenntnis der Einwirkung des Meerwassers auf den Boden. Landwirtsch. Versuchsstat. XIX. 1876. p. 190—214.

6) Bull. d. l. Soc. Bot. de France. T. 25. 1878. p. 154.

7) P. Déhérain: Sur l'assimilation des substances minérales par les plantes. Ann. d. Sciences nat. Bot. VI. sér. t. 6. 1878. p. 353. *) Muss heissen 0,0802 gr.

direkt das Absterben der Pflanzen herbeiführen, ohne in ihren Geweben nachweisbar zu sein.

Ch. Contejean ¹⁾ glaubt aus der Verteilung des Natrons in der Pflanze, aus der Abnahme desselben aus der Wurzel nach der Spitze zu schliessen, dass diese Tatsachen „justifient l'opinion des auteurs qui pensent que la soude est nuisible, sinon inutile, à la plupart des végétaux; que les racines absorbent sans discernement et par diffusion tous les principes solubles qu'elles rencontrent et que plus tard il s'opère une sorte de triage empêchant les substances délétères de pénétrer dans les organes où leur présence pourrait funeste“.

Sehr eingehend mit dieser Frage hat sich F. Storp ²⁾ beschäftigt. Über die Wirksamkeit des Chlornatriums auf den Boden sagt er: „Begiesst man einen Acker mit einer Chlornatriumlösung, so werden in den obersten Schichten der Ackerkrume jene von uns nachgewiesenen Umsetzungen in kräftiger Weise vor sich gehen. Mit dem im Boden vorhandenen Gypse bildet die Chlornatriumlösung etwas Natriumsulfat und Chlorcalcium, mit dem Calciumphosphat etwas Natriumphosphat und Chlorcalcium, mit den Carbonaten, Silikaten und humussaurer Salzen des Bodens die Natriumsalze oder wenigstens Natronreichere Salze dieser Säuren und daneben die Chloride des Calciums, Magnesiums und Kaliums“. Ferner entsteht durch die freien Humussäuren im Boden leicht Salzsäure. Eben dasselbe kann geschehen durch die in den Pflanzensäften vorhandenen, freien organischen Säuren oder deren saure Salze, indem sie eine kräftige Zersetzung unter Bildung von Salzsäure erleiden. Nun ist aber von Detmer der Nachweis geführt, dass selbst minimale Mengen freier Säuren speciell von Salzsäure die Umwandlung des Stärkemehls in Zucker durch Diastase befördern, dass aber grössere Mengen sie hemmen und unterdrücken. Hierauf basierend, glaubt Storp den Nutzen des Chlornatriums zu erkennen. Es ist „kein eigentlicher Pflanzennährstoff und demnach kein eigentliches Düngungsmittel. Es kann nur seiner indirecten Wirkung wegen als sogenanntes „Reizmittel“ im Wechsel mit wirklicher Düngung vorteilhaft benutzt werden“.

Gefährlich ist eine Chlornatriumdüngung bei zu starkem Zusatz zum Boden, ferner jedoch auch bei geringem Kochsalzgehalt der Düngung aber bei längerer Dauer der Einwirkung durch die leicht eintretende Auslaugung der Pflanzennährstoffe aus dem Boden. In richtiger, geringer Menge, besonders mit anderen Nährsalzen ⁴⁾ zusammen angewandt, kann das Kochsalz nur günstig wirken.

4. Ueber Keimung in Chlornatriumlösung.

Viele der hier vorliegenden Untersuchungen behandeln nur das erste Keimungsstadium. Ein solches kann doch nur gemeint sein, wenn Zeller ³⁾ be-

¹⁾ Ch. Contejean: La soude dans les végétaux. Compt. rend. LXXXVI. 1878. p. 1151—53.

²⁾ F. Storp: Über den Einfluss von Kochsalz- und Zinksulfat-haltigem Wasser auf Boden und Pflanzen. Landwirtsch. Jahrb. XII. 1883.

³⁾ Zeller: Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Stoffe auf das Leben der Pflanze. Inaugural-Dissertation. 1826.

⁴⁾ cf. A. Frank: Über die Bedeutung d. Kochsalzes f. Zufühhg. min. Nahrungsm. u. s. w. Landw. Versuchsst. VIII. 1866. p. 51.

hauptet, dass Dinkel, Gerste, Buchweizen, Runkelsamen so gut in einer 11procentigen Chlornatriumlösung fortkommen wie in destilliertem Wasser, also in einer Lösung in der jedes weitere Pflanzenleben absterben muss. Ebenso ist auch wohl die Angabe von Fleischer¹⁾ zu bezweifeln, dass Rapssamen erst in 11procentiger Chlornatriumlösung in der Keimung benachteiligt werden. Selbst die Behauptung von Tautphöus²⁾, dass Plumula und Radicula sich in einer 3procentigen Chlornatriumlösung kräftiger entwickelt haben als bei anderen Samen im Wasser, klingt unwahrscheinlich, da ich als schon verderblichen Concentrationsgrad für Protoplasma 1 % Chlornatrium, wie schon erwähnt, gefunden habe. Rapssamen sollen 2 % Na Cl ertragen, erst bei grösserer Concentration erleiden sie Schaden. Bedenkt man, dass man den Pflanzen eine 0,2procentige Nährstofflösung giebt, so erscheinen diese Zahlen doch sehr bedenklich, selbst wenn wir es hier auch nur mit Keimung zu tun haben. Ausserdem sprechen auch andere Versuche dagegen, z. B. bemerkt Nessler³⁾, dass schon eine 0,5procentige Chlornatriumlösung nachteilig auf keimenden Raps und Kleesamen wirkte. Weizen keimte noch in einer 1procentigen Lösung aber bei 0,75% schon weniger gut als in verdünnteren Lösungen und im destillierten Wasser. Etwas ähnliches berichtet Detmer⁴⁾ für quellende Erbsen, welche bei der Quellung in Wasser eine grössere Gewichtszunahme erfuhren, als bei der Quellung in Chlornatriumlösung. F. Nobbe⁵⁾ beobachtete, dass die Keimung von Pisum durch 0,2 % Na Cl begünstigt wurde, 1 % schon weniger günstig sich zeigte, und 2 % schädlich wirkte. Uloth⁶⁾ fand, dass Samen von Salzpflanzen noch bei 3,5% Kochsalzgehalt keimen, während bei anderen Sämereien 1% des Maximum ist; doch wird auch bei den Salzpflanzen die Keimung verlangsamt im Vergleich zu reinem Wasser. Storp⁷⁾ giebt an, dass Chlornatrium in ganz verdünnten Lösungen (0,01%) auf den Keimprozess wahrscheinlich einen günstigen Einfluss ausübt, bei stärkeren Concentrationen aber den Procentsatz der keimenden Körner mehr oder minder herabdrückt und den Verlauf des Processes verlangsamt. Nach M. Jarius⁸⁾ bewirkt Chlornatrium in allen Concentrationen bis 2% eine starke Zunahme des specifischen Gewichtes, dagegen eine geringe Zunahme des Volumens bei quellenden Erbsen. 0,4procentige Kochsalzlösung befördert ganz besonders die Keimung der Samen von Leguminosen und Cruciferen. 1 — 2procentige Lösungen hemmen den Verlauf der Keimung bei fast allen Pflanzen.

Sehen wir von den unwahrscheinlichen Angaben ab, so können wir wohl schliessen, dass ein geringer Procentgehalt von Chlornatrium, von 0,01 — 0,2%

1) Citirt von F. Nobbe: Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876.

2) Centralbl. für Agriculturchemie IX. 1880. p. 351.

3) ibid. XII. 1883. p. 125.

4) ibid. XIII. 1884. p. 605.

5) F. Nobbe: Handbuch d. Samenkunde. Berlin 1876.

6) cf. H. Hoffmann: Culturversuche. Bot. Ztg. 1877. p. 296.

7) l. c. Landwirtsch. Jahrbücher XII. 1883. p. 819.

8) M. Jarius: Über die Einwirkung der Salzlösung auf den Keimungsprozess der Samen einiger einheimischer Culturgewächse. Landw. Versuchsst. XXXII. 1885.

fördernd auf die Keimung gewöhnlicher Pflanzen einwirkt. Es übt diesen Einfluss wahrscheinlich, indem es die Wanderung und Umsetzung der in den Cotyledonen oder im Endosperm aufgehäuften Nährstoffe begünstigt. Salzpflanzen können bei ihrer Keimung einen höheren Kochsalzgehalt ertragen.

5. Culturversuche mit Halophyten.

Die ältesten Culturversuche mit Salzpflanzen sind von Cadet de Gassicourt¹⁾ aufgezeichnet. Er cultivierte *Salsola Kali* L. in Töpfen ohne weiteren Salzzusatz. Die Pflanzen enthielten anfänglich Kalium und Natrium; Samen derselben im folgenden Jahre ausgesät, lieferten Pflanzen, in denen nur Kalium und kein Natrium mehr nachweisbar war.

Bei der Frage, „ob aber wirklich alle diejenigen anorganischen Stoffe, welche bei der Analyse der Pflanzenaschen gefunden werden, für das Leben der Pflanze durchaus nötig waren und als Nahrungsmittel für dieselben zu betrachten sind, oder ob die Pflanzen nicht einzelne entbehren können“ und „ob nicht ein anorganischer Stoff als Aequivalent für einen anderen dienen kann“, kamen A. F. Wiegmann und L. Polstorff²⁾ auch dazu, Pflanzen von *Salsola Kali* L. und *Glaux maritima* L. zu cultivieren. Die Pflanzen, von einer Saline gesammelt und noch behaftet mit einer geringen Menge der an ihnen hängenden Erde ihres Standortes, wurden in Töpfe mit gewöhnlicher Gartenerde, welche nur Spuren von Chlormetallen enthielt, gesetzt und, wenn es erforderlich war, mit destilliertem Wasser begossen, welches Chlorkalium aufgelöst enthielt. Die Pflanzen gediehen gut. Sie wurden dann in freies Gartenland versetzt, wuchsen hier ebenfalls gut und blühten reichlich. Im folgenden Jahre kränkelten sie, vermehrten sich nicht und starben zur Blütezeit ab. Aus diesen beiden Versuchen schliessen die Autoren, dass beide genannten Pflanzenarten „und auch wohl alle Salzliebenden Pflanzen zwar Chlormetalle zu ihrer Nahrung bedürfen, dass es aber gleichgiltig ist, ob das Chlor an Natrium oder Kalium gebunden ist“. Sie vergessen dabei, wie auch so viele spätere Experimentatoren, den Natrongehalt der die Pflanzen umgebenden Erde in Betracht zu ziehen.

Weigelt³⁾ cultivierte auf Veranlassung W. Knops gewöhnliche Pflanzen in Chlor- und Natron-freier Nährlösung. Die Pflanzen gediehen darin gut. „Das Chlor ist daher aus der Reihe der für die Pflanzen notwendigen Nährstoffe auszuschliessen“. Ebenso zeigte sich, dass die Landpflanzen auch des Natrons nicht bedürfen. Er erzog dann *Psamma arenaria* R. et Sch. in Natron-, Chlor- und Kieselsäure-freier Lösung. Die Pflanzen gediehen vorzüglich. Die

1) Journal de Pharmacie 1818, p. 381.

2) A. F. Wiegmann und L. Polstorff: Über die organischen Bestandtheile der Pflanze. Braunschweig 1842.

3) cf. W. Knop: Über die Bedeutung des Eisens, Chlors, Broms, Jods und Natrons als Pflanzennährstoffe. Berichte d. kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig. Mathem. physik. Klasse XXI. 1869, p. 1—27.

Blätter waren „aber nicht cylindrisch zusammengerollt wie bei der am Strande im Boden gewachsenen Pflanze“.

H. Hoffmann versuchte durch eine Reihe von Culturversuchen, deren erste er 1865¹⁾ veröffentlichte, den Einfluss des Salzes auf die Salzpflanzen zu zeigen. Er cultivierte *Plantago maritima* L. in Töpfen mit und ohne Salzzusatz. „Beide Abteilungen gediehen, was die Blätter anbetrifft dem allgemeinen Ansehen nach gleich üppig. Allein die Gestalt und Haltung dieser Blätter war sehr verschieden“. „Die Pflanzen ohne besonderen Salzzusatz hatten mastigere, überhängende oder niederliegende, grosse Blätter; an den gesalzenen Exemplaren dagegen waren dieselben schmaler, straff und standen aufrecht. Letztere Pflanzen brachten mehrere, reichlich blühende Blütschäfte, während die vorigen durchaus keine Anstalt zum Blühen machten. Hieraus möchte vielleicht zu schliessen sein, das diese Pflanze für ihre vollkommene Entwicklung, das Blühen ausgeschlossen, einer grösseren Quantität Kochsalz bedarf als ihr in gewöhnlichem Erdboden zugeführt wird“. Bei Culturen von *Glaux maritima* L. gediehen beide Reihen schlecht. Bei weiteren, fortgesetzten Culturen²⁾ denen er noch *Salicornia* hinzugesellte, zeigte sich im allgemeinen wenig Unterschied zwischen beiden Versuchsreihen. Jedoch scheinen die mit Salz entschieden besser gediehen zu sein, die Blätter erschienen öfter „fleischiger als ohne Salz“, oder „die Pflanzen sind weit reichlicher vorhanden“.

Auch die Erfahrung in den botanischen Gärten spricht zu Gunsten eines starken Einflusses des Kochsalzes. Ch. Contejean³⁾ erwähnt, dass man im botanischen Garten von Montpellier mit Erfolg u. a. folgende Arten, welche dort ausdauern, cultiviert hat: *Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Atriplex portulacoides*, *Suaeda fruticosa*, *Salsola Kali*, *S. Soda*, *Juncus maritimus* u. a. „Au contraire on n'a jamais pu y introduire les *Salicornia*, *Inula crithmoides* et le *Diotis candidissima*. Quelques espèces à feuilles charnues les ont plus minces et plus petites“. Im botanischen Garten zu Lyon müssen *Salsola* und andere Chenopodiaceen während einiger Monate mit Salzwasser begossen werden. In Toulouse gedeihen selten *Aster Tripolium*, *Diotis candidissima*, *Convolvulus Soldanella*. Die übrigen accommodieren sich.

Ähnliche Gartenculturversuche hat W. O. Focke⁴⁾ veröffentlicht: „*Cakile maritima* Scop. gedeiht ganz gut in sandigem Gartenboden, verlangt aber einen freien Standort und erträgt weder Beschattung, noch die unmittelbare Nähe anderer Gewächse. Sie wird im Garten leicht sehr gross aber schlaff. Kalkzusatz zur Bodenmischung scheint ihr Wachstum zu befördern; Kochsalz scheint

1) H. Hoffmann: Untersuchungen zur Klima- und Bodenkunde mit Rücksicht auf die Vegetation. Beilage z. Bot. Ztg. XXIII. 1865, p. 89. sq.

2) H. Hoffmann: Über Kalk- und Salzpflanzen. Landwirthschaftliche Versuchsstationen XIII. 1871.

3) Ch. Contejean: Influence du terrain sur la végétation. Ann. d. Sc. nat. Bot. VI. sér. t. II. 1875, p. 243.

4) W. O. Focke: Culturversuche mit Pflanzen der Inseln und Küsten. Abh. d. naturw. Vereins zu Bremen. IV. 3. 1875.

eher nachtheilig als vortheilhaft zu wirken“. „Ohne Zusatz von Kochsalz, Kali oder Kalk gedeihen ferner *Aster Tripolium* L., *Plantago maritima* L. und *Pl. Coronopus* L. in sandigem Gartenboden ganz vortrefflich. *Salsola Kali* L. will ähnlich wie *Cakile* einen freien Standort haben und bleibt schlaff, gedeiht indess übrigens ganz gut“. „Von anderen Halophyten habe ich *Lepigonum marginatum* Koch, *L. medium* Whlbg., *Salicornia procumbens* Sm., *Schoberia maritima* C. A. Mey. var. *prostrata* mit Erfolg cultiviert, aber dies ist mir nur bei Zusatz von etwas Kochsalz geglückt. Die Pflanzen scheinen im Salz-freien Erdreich zu verkümmern. *Salicornia patula* Duval-Jouve ist weniger gut gedeihen“. „Einige Modifikationen in den Versuchen werden vielleicht zu abweichenden Resultaten führen, doch glaube ich sicher zu sein, dass wenigstens *Salicornia* und *Schoberia* ohne einen Salzgehalt des Bodens nicht zu voller Entwicklung gelangen. Übrigens mag es sein, dass das Kochsalz durch andere Salze vertreten werden kann. *Schoberia* blieb bei der Cultur schlaffer und zarter, so dass sie habituell der var. *flexilis* ähnlich wurde, während sie die Färbung und die übrigen Merkmale der var. *prostrata* behielt“.

Auch A. Batalin¹⁾ hat solche Experimente mit den Salzpflanzen ausgeführt: „In der Tat, wenn man in Töpfen unter gewöhnlichen Bedingungen die Salzpflanzen aus Samen zieht, so bekommt man entweder kleine, wenig entwickelte Exemplare oder in besseren Fällen solche Pflanzen, welche, obgleich entwickelt, doch keine den Salzpflanzen eigene, charakteristische Merkmale zeigen“. „Alle im Salzboden wachsenden Pflanzen haben, wie bekannt, ungewöhnlich dicke, durchscheinende Internodien, sehr dicke, fast durchsichtige, cylindrische Blätter, welche gleich den Internodien von einer hellen angenehm rosenroten Farbe sind“. Durch Begiessen mit Salzwasser von allmählich zunehmender Concentration gelang es ihm, gleich aussehende wie im Freiland zu erhalten.

Man sieht also, wie verschieden sich die Pflanzen verhalten, und wie widersprechend daher die Resultate sind. Es ist dies aber kein Wunder, wenn man bedenkt, dass sie in den verschiedenst zusammengesetzten Gartenböden cultiviert worden sind, bei welchen natürlich die Ergebnisse äusserst verschieden ausfallen müssen. Erst wenn man die Pflanzen in einem einheitlichen, chemisch genau bekannten Medium, in einer Nährlösung, gezüchtet haben wird, dann wird man sichere Schlüsse auf die Notwendigkeit des Kochsalzes für ihr Gedeihen u. s. w. machen können.

Einen gleichen Vorwurf muss man auch den weiteren Versuchen von H. Hoffmann²⁾ machen. Seine Resultate sind: *Plantago maritima* L. 16 Jahre hindurch (1855 — 70) theils in salzfreiem, gewöhnlichem Gartenboden, theils

1) A. Batalin: Cultur der Salzpflanzen. Regels Gartenflora. 1876.

2) H. Hoffmann: Culturversuche. Bot. Ztg. 1877, p. 293. — Ders.: Untersuchungen über Variation. Rückblick auf meine Culturversuche bezüglich Species und Varietät v. 1855 bis 76. XVI. Bericht der oberhessischen Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde 1877. — Ders.: Culturversuche und Variationen. Bot. Ztg. 1881. — Ders.: Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855—80. Bot. Ztg. 1881.

unter Zusatz von Chlornatrium cultiviert, zeigte „neben mancherlei Schwankungen in der Blattform und Consistenz, der Blühfähigkeit, dem Gedeihen überhaupt nichts was auf die Ausbildung irgend eines constanten Verhaltens unter dem Einfluss der Chlormetalle im Gegensatz zu salzfreien Culturen hindeutete“. Ebenso gediehen auch ohne Salzzusatz: *Salicornia herbacea* L., *Triglochin maritima* L., *Lepigonum medium* Whlbg., *L. marginatum* Koch., *Cakile maritima* Scop., *Armeria elongata* Hoffm., *Glaux maritima* L., *Salsola Kali* L. — *Plantago maritima* L. von den Salinen enthielt 50—60 % Na Cl, Pflanzen im salzfreien Gartenboden cultiviert lieferten nur 5 % Kochsalz. — Wenn der Gartenboden salzfrei war, wo kommen dann die 5 % Na Cl her?

Eine in dieser Richtung sehr wichtige, kürzere Abhandlung veröffentlichte A. Batalin¹⁾. Wenngleich auch er in gewöhnlicher Gartenerde in Töpfen cultivierte, so gelangte er doch zu sehr verschiedenen Resultaten bei seinen Versuchsreihen. Die Untersuchungen sind um so interessanter und wichtiger, als er zum ersten Male die gleichzeitigen Veränderungen im anatomischen Bau studierte.

Er begoss „*Salicornia* - Pflanzen mit zwei, am meisten für Salzboden und Meerwasser charakteristischen Salzen: Chlornatrium und schwefelsaurer Magnesia“ in verschiedenen Variationen. „Die Pflanzen aller vier Reihen zeigten schon in den ersten Stadien ihrer Entwicklung auffallende Verschiedenheiten im Habitus, welche bereits an den ersten Laubblättern bemerkbar wurden und bei dem weiteren Wachstum stark in's Auge fielen“. In jeder Gruppe waren die Pflanzen gleich, aber die Gruppen unterschieden sich auffallend. „In der Chlornatriumgruppe zeigten die Pflanzen alle charakteristischen Merkmale der im Freien, im Salzboden oder an der Meeresküste wild wachsenden, deren Habitus so eigentümlich ist. Die Pflanzen der zweiten Gruppe, welche kein Chlornatrium bekam und blos mit reinem Flusswasser oder mit schwefelsaurer Magnesia begossen wurde, zeigten keine Spur jener Eigentümlichkeiten der Salzpflanzen. In allen Töpfen, welche mit kochsalzhaltigem Wasser begossen wurden, waren die Pflanzen halbdurchsichtig, blassgrün, sehr fleischig und saftig. Die Pflanzen dagegen, welche kein Kochsalz bekamen, waren dunkelgrün, vollständig undurchsichtig, bedeutend dünner und gar nicht saftig und fleischig, — d. h. sie hatten die Tracht der gewöhnlichen Landpflanzen. Die Pflanzen waren nach dem Habitus so verschieden, dass ein eifriger Systematiker sie sicherlich für zwei gute Varietäten hätte halten und mit verschiedenen Namen versehen können. Man kann diese Unterschiede nicht als Zeichen unvollkommener Entwicklung betrachten, weil beide Reihen von Pflanzen in gleicher Zeit annähernd gleiche Länge erreichten, sich vollständig gleich verzweigten, dieselbe Zahl der Internodien bildeten, fast gleichzeitig zur Blüte kamen“ und Samen brachten. „Daraus geht hervor, dass beide Salze (d. h. Chlornatrium und schwefelsaure Magnesia) für das Wachstum von *Salicornia herbacea* nicht unentbehrlich sind; sie können sich mit jenen minimalen Mengen derselben begnügen, welche ihnen die gewöhnliche Gartenerde giebt.

¹⁾ A. Batalin: Wirkung des Chlornatriums auf die Entwicklung von *Salicornia herbacea* L. Tiré du Bulletin du Congrès international de botanique et d'horticulture à St. Pétersbourg 1884.

Aus diesen Versuchen geht auch hervor, dass der charakteristische Habitus (Saftigkeit, Halbdurchsichtigkeit u. s. w.) der auf Salzboden gewachsenen *Salicornia*-Pflanzen nicht durch das Vorhandensein von schwefelsaurer Magnesia bedingt ist, sondern ausschliesslich durch Chlornatrium hervorgerufen wird, welches dabei wirklich in grösserer Menge von der Pflanze aufgesogen worden ist. Der ausgepresste Saft derselben schied beim Trocknen beträchtliche Mengen der cubischen Krystalle von Chlornatrium aus“. Der Zusatz von schwefelsaurer Magnesia erwies sich als vollkommen nutzlos.

„Die erwähnten Unterschiede im Habitus beider Reihen von Pflanzen beruhen ausschliesslich auf einigen Verschiedenheiten im inneren anatomischen Baue“. Batalin fand, dass die Zellen des Pallisaden- und Schwammparenchyms der Blätter, welche mit einander sowie mit und um den Stengel verwachsen sind, sich sehr stark vergrössern. Der Teil des Stengels, welcher eigentlich dem Blatt angehört, erweist sich in radialer Richtung als beinahe 3 Mal länger bei salzhaltigen Pflanzen als bei salzfreien, und zwar war das Pallisadenparenchym ungefähr auf das doppelte (30—40 mikrom. Teilungen gegen 55—75), das Schwammparenchym auf das vierfache (14—18 mikr. Teil gegen 70—80) angewachsen. Dieser Dickenzuwachs beruht auf der Vergrösserung der einzelnen Zellen. Bei den salzfreien Pflanzen erwiesen sich die Zellen des Schwammparenchyms „radial stark verengt“ und „nahmen nur ca. $\frac{1}{5}$ des Flächenraums derselben Zellen in den salzhaltigen Pflanzen ein“. Bei letzteren waren diese Zellen isodiametrisch. „Die Schwammparenchymzellen bei den salzhaltigen Pflanzen waren sehr wasserreich, ihr Gehalt an Plasma sehr gering“. Diese starke Vermehrung des Parenchyms wirkt natürlich auch auf die Epidermis, so dass auch diese Verschiedenheiten aufweist. „Die Epidermiszellen bei den salzfreien Pflanzen sind verlängert viereckig und in streng regelmässige verticale Reihen angeordnet“, „bei den salzhaltigen Pflanzen sind die Epidermiszellen 5—7eckig, in ihrer Anordnung findet man keine Regelmässigkeit, die Reihen sind verschwunden“. Ferner „fand man z. B. im Gesichtsfelde des Mikroskops bei den salzfreien Pflanzen 26 bis 30 Spaltöffnungen, bei den salzführenden in demselben Internodium und bei gleicher Vergrösserung nur 10 bis 15. Auch die Holzzellen und teilweise die Gefässe sind bei den salzhaltigen Pflanzen entschieden grösser als bei den salzfreien, die ersteren ausserdem stärker verdickt.

Ähnliche Veränderungen im äusseren Habitus constatirte Batalin durch solche Culturen bei *Spergularia media* Pers. var. *marginata* Fenzl., *Salsola Soda* L. und *Salsola mutica*.

Auf meine eigenen Culturversuche komme ich später zu sprechen.

Anatomie einiger Halophyten.

Vorbemerkungen.

Nachdem ich so gezeigt habe, was bisher über den Einfluss von Kochsalz auf die Vegetation bekannt ist, will ich untersuchen, ob und in wie weit man

durch vergleichende Anatomie von Salzpflanzen untereinander sowie mit ihren nächsten Verwandten weitere Schlüsse über die Einwirkung des Chlornatriums auf die Gewebe der Pflanzen ziehen kann.

Ich habe mich bei der Beschreibung der Anatomie von Halophyten auf die Untersuchung einiger, an unserer Ostsee am häufigsten wachsenden Strandpflanzen beschränkt und zwar von:

1) *Honkenya peploides* Ehrh., 2) *Cakile maritima* Scop., 3) *Salsola Kali* L., 4) *Salicornia herbacea* L., 5) *Aster Tripolium* L., 6) *Glaux maritima* L.

Das Material zu der Arbeit habe ich zum Teil von der Ostseeküste bei Danzig durch einige Freunde zugesandt erhalten, zum grössten Teil am Strande von Swinemünde selbst gesammelt.

Was die Untersuchungsmethoden anbetrifft, so habe ich neben frischen Pflanzen meist Alkoholmaterial benützt, die Schnitte entweder ohne weiteres verwandt oder, wenn es sich nur um die Struktur der Gewebe handelte, mit dem vorzüglichen Aufhellungsmittel *Eau de Javelle* behandelt und dann meist auch gefärbt.

Honkenya peploides Ehrh.

(*Arenaria peploides* L., *Alsine peploides* Whlbg., *Halianthus peploides* Fr.,
Ammadenia peploides Ruprecht).

Morphologisches. Die Gattung *Honkenya* Ehrh.¹⁾ oder, wie Bentham and Hooker vorziehen, *Ammadenia* Gmelin²⁾ gehört zur Familie der *Caryophyllaceae* Juss. und zur Unterfamilie der *Alsineae* Bartling. Dieselbe ist eine Pflanze des Seestrandes. Aus einem im Boden verzweigten, mit feinen Faserwurzeln versehenen, unterirdischen Sprosssystem entsteht anfänglich niederliegend, an der Spitze aber stets aufsteigend ein runder, succulenter, hellgrüner, oberirdischer Stengel, besetzt mit eiförmigen, gegenständigen, sitzenden, an der Basis verwachsenen, kahlen, fleischigen Blättern, in deren Achseln in dem untern Teil des Stammes ev. die Äste, in dem oberen Teil die Blüten entspringen. Letztere stehen einzeln, und sind kurz gestielt.

Jenes unterirdische Sprosssystem entsteht aus dem auf dem Sande liegenden Stengel durch Verwehung desselben unter die Oberfläche. Derselbe erleidet dabei gewisse Veränderungen, auf die ich später zu sprechen komme. Auf diese Weise kann ein Exemplar eine Ausdehnung über eine sehr grosse Fläche erreichen und sich in dem losen Sande befestigen. Da sich diese unterirdischen Stengel bewurzeln, so kann die Verbindung mit der ursprünglichen Pflanze stets unterbrochen werden, ohne den weiteren Ausläufern zu schaden.

1) Endlicher: Genera Plantarum schreibt *Honkeneja* Ehrh. Die Schreibweise *Honkenya* Ehrh. z. B. in der Flora von Garcke u. a. a. O. ist falsch, zumal auch eine Tiliacee, ein Baum des tropischen Afrika, *Honkenya* Willd. benannt ist, cf. Bentham and Hooker: Genera Plantarum I. p. 235.

2) l. c. I. p. 151.

Was die Bildung der Niederblätter, welche sich an den unterirdischen Stengeln vorfinden, betrifft, so entstehen dieselben durch teilweise Zerstörung der in den Sand gelangenden Laubblätter. Ferner ist die Angabe von A. Endlicher falsch, dass der Stempel vierkantig sei und sich dichotomisch verzweige. Letztere Angabe ist auch in Garckes Flora übergegangen. Der Stengel ist fast kreisrund und es laufen nur 2 Rillen an jedem Internodium herab. Dieselben rühren von den gegenständigen Blättern her und befinden sich wie diese in je 2 folgenden Internodien in zwei zu einander senkrechten Ebenen. Die jungen Äste entstehen, wie schon erwähnt, in den unteren Blattachsen.

Anatomisches. (Taf. II. Fig. 1). Der fleischige Habitus des Stengels ist bewirkt durch die grosse Ausdehnung des Rindenparenchyms (rp) welches das axile Gefässbündelsystem umgiebt. Nach aussen wird dieses Rindenparenchym abgeschlossen durch eine einschichtige Epidermis, die wiederum durch eine scharf abgegrenzte, gewellte Cuticula (c) bedeckt ist. Letztere zeigt sich deutlich geschichtet und färbt sich mit Farbstoffen oder schwefelsaurem Anilin. Die Epidermiszellen (ep) selbst sind im Querschnitt subquadratisch, nach aussen hin verdickt, in der Richtung des Stengels in die Länge gestreckt, so dass sie im Längsschnitt oft 9—10mal so lang als breit sind. Eine Hypodermis ist meist nicht ausgebildet oder oft nur undeutlich zuweilen aber ganz charakteristisch ausgeprägt in Gestalt von eng aneinanderliegenden Zellen, welche sich dann gegen die nun folgenden 11—12 Reihen lockeren Rindenparenchyms (rp) deutlich als einheitliche Schicht abheben. Die Zellen dieses Rindenparenchyms sind abgerundet, 5—8eckig von verschiedener Grösse. Sie lassen zwischen sich kleine, 3- oder 4eckige Intercellularräume. Bei Exemplaren aus dem botanischen Garten zu Breslau waren die Zellen im Querschnitt polygonal abgeplattet und liessen nur wenige 3eckige Intercellularräume zwischen sich. Auf dem Längsschnitt zeigen sie sich in der Richtung des Stengels ausgedehnt, polygonal, in Reihen angeordnet. Die äusseren sind 4—6 die inneren 2—3 mal länger als breit mit horizontalen Querwänden. Sie sind reichlich mit Zellsaft erfüllt. In ihrem Protoplasma zeigen sich grosse Kerne. Chlorophyllkörner sind nur wenig vorhanden, in denen sich aber selten Stärke nachweisen lässt. Auch die morgensternartigen Krystalle von oxalsaurem Kalk sind häufig den Zellen eingelagert.

Gegen das axile Gefässbündelsystem hin ist dieses Parenchym begrenzt durch eine einreihige Endodermis (end). Es sind kleine, polygonale Zellen im Querschnitt meist länglich 6-eckig, im Längsschnitt cylindrisch, 2—3 mal länger als breit. Die Präparate zeigten zuweilen auf den radialen Wänden dieser Endodermiszellen die bekannten Schatten der Wellungen jener Wände. Diese Zellen sind stets mit Stärke reichlich erfüllt; die Endodermis erweist sich demnach als Stärkescheide. Unter dieser Stärkescheide befindet sich das axile Gefässbündelsystem. Als äusserste Schicht desselben ist eine ursprünglich einreihige, sich später als Phellogenschicht erweisende Zellreihe (ph) vorhanden, deren Zellen sich häufig durch tangentielle Wände geteilt haben. Unter ihr liegt ein geschlossener Bastring (b) aus 6—10 Schichten

Weichbastzellen, deren äusserste Reihen etwas collenchymatisch verdickt sind, bestehend. Dem Bast folgt ein ebenfalls einheitlicher Cambiumring (c). Nach innen hin finden sich dann 4 undeutliche Gruppen von Xylembündeln mit zahlreichen grösseren und kleineren Gefässen (g). Sie sind ebenfalls in einem Ring angeordnet, der sich später in älteren Internodien fast ganz zum Holzring umbildet. Das Centrum des Stammes wird von einem im Querschnitt rundzelligen Markgewebe eingenommen. Die Zellen desselben sind ebenfalls in der Richtung des Stengels in die Länge gestreckt, in Reihen geordnet, cylindrisch mit horizontalen Wänden, von verschiedener Länge. Sie lassen zwischen sich im Querschnitt 3—4eckige Interzellularräume.

Werden die Stengel vom Dünensande verweht, so entsteht das unterirdische Sprosssystem. Es wird das Rindenparenchym zunächst ganz stark zusammengedrückt und schliesslich ganz abgeworfen, so dass die frühere Endodermis die äusserste Schicht bildet. Bald wird aber auch diese zerstört. Inzwischen hat die unter der Endodermis befindliche Phellogenschicht hier neue Peridermaschichten gebildet und den unterirdischen Stamm mit einer Korkrinde umgeben. Bast- und Markgewebe verdicken ihre Wände, ohne aber zu verholzen. In diesem Stadium finden sich an den verschiedensten Stellen Zellen mit Gerbstoff; besonders sind einige Gefässe selbst damit erfüllt.

R. Hohnfeldt¹⁾ sagt über diesen unterirdischen Stammteil: „Die Pflanze kriecht auf dem Dünensande hin, und kann man den niederliegenden Stammteil kaum als unterirdisch bezeichnen, wenn er auch meistens im Sande eingegraben ist. Dieser niederliegende Stammteil entbehrt jedoch der Spaltöffnungen, während auf den aufsteigenden Ästen unten allerdings nur wenige, oben dagegen mehr Spaltöffnungen vorhanden sind“. Warum Hohnfeldt diesen Stammteil nicht als unterirdisch bezeichnen will, ist nicht weiter ersichtlich. Ferner wenn eben die Oberhaut des Stammes verloren geht, so gehen mit derselben auch die auf ihr befindlichen Spaltöffnungen zu Grunde, und es können deshalb hier gar keine vorhanden sein. Ebenso kann man z. B. auch nie in diesen unterirdischen Stengeln Stärke finden, weil ja auch die Stärkescheide vernichtet ist.

An den Knoten dieser unterirdischen Axengebilde finden sich Niederblätter. Hohnfeldt betrachtet sie als Schuppenblätter, „weil ihre Oberhautzellen bedeutend in die Länge gezogen sind. Ausserdem besitzen sie auch nur auf der Aussenseite und selbst hier nur einzelne Spaltöffnungen“. Ich habe bei ihnen keine Spaltöffnungen auffinden können. Es sind meiner Meinung nach zerstörte Laubblätter. An den Knoten entstehen ferner die jungen Knospen, welche zu neuen Pflänzchen werden, und ebenso bilden sich hier zur Ernährung derselben Wurzeln. Wachsen die Pflänzchen weiter aus, so werden auch sie schliesslich zum Teil verweht, und es bildet sich zuletzt das sehr verzweigte unterirdische Stammsystem. Bei der Verwehung sieht man auch wie die Blätter

¹⁾ R. Hohnfeldt: Über das Vorkommen und die Verteilung der Spaltöffnungen auf unterirdischen Pflanzenteilen. Inaugural-Dissertation. Königsberg 1880.

zerstört werden. Es bleiben von ihnen nur noch häutige, an der Basis verwachsene Gebilde zurück. Zuweilen findet man Blätter, die halb schon häutig, halb noch fleischig sind. Immer sind die Gefässbündel deutlich erhalten.

Die Wurzeln sind feine Faserwurzeln; sie sind gebildet aus einem axilen diarchen oder tetrarchen Gefässbündel, umgeben von Pericambium, das in lebhafter Teilung gewöhnlich begriffen ist. Dieses Gefässbündel ist eingeschlossen von einer Endodermis, die aus polygonalen Zellen besteht, und nach aussen umgeben ist von 2—6 Schichten grösserer, polygonaler Parenchymzellen. Die Epidermis, welche aus viel kleineren Zellen zusammengesetzt ist, wird meistens zerstört oder mindestens zerdrückt. Die Zellen derselben wachsen vielfach in Wurzelhaare aus. — Werden diese Wurzeln älter, so werden sie dicker und wandeln sich schliesslich ähnlich wie die unterirdischen Stengel um. Zunächst wird das Parenchym abgeworfen, dann auch die Endodermis, und das Pericambium bildet ebenfalls ein Korkgewebe als Rinde aus. Auch Gerbstoff findet sich besonders in den Gefässen. Diese Wurzeln unterscheiden sich von den unterirdischen Stengeln, denen sie äusserlich ähnlich sehen, durch die geringe Zahl der Gefässe, die nie zu einem Ring gruppiert sind, sondern stets, wenn auch meist undeutlich, die diarche oder tetrarche Anordnung erkennen lassen.

Die Anatomie der Blätter bietet wenig besonderes. Die Succulenz derselben ist hervorgebracht durch starke Ausbildung des Pallisaden- und Schwammparenchyms. Auf der Ober- und Unterseite befindet sich je eine einschichtige Epidermis. Das Gefässbündel verzweigt sich sehr reichlich dicht unter der Pallisadenschicht in dem Schwammgewebe. In derselben Region befinden sich auch viele Zellen mit Krystalldrüsen von oxalsaurem Kalk. Jedes Gefässbündel ist von einer Stärkescheide umgeben, in welcher sich stets Stärke vorfindet. Im Chlorophyll des Blattes lässt sich Stärke selten und dann meist nur in geringer Menge nachweisen. Dagegen findet Stärke sich stets in allen Stärkescheiden und allen Spaltöffnungen.

Die Entwicklung der Blätter am Vegetationspunkt geschieht sehr schnell. Bald überragen sie den verlängert-halbkugeligen Vegetationskegel.

Der Spaltöffnungsapparat ist sehr einfach. Die Schliesszellen sind mit einem im Querschnitt 3-eckigen Lumen versehen, ungleich verdickt und vorn mit je einer cuticularisierten Leiste versehen, welche einen Vorhof abschliesst. Die eigentliche Spaltöffnung führt dann in die Atemhöhle.

Die Spaltöffnungen verteilen sich folgendermassen:

Auf 1 qmm kommen¹⁾:

Oberseite des Blattes:

78 Spaltöffnungen (varierend von 50—100) von 0,050 mm Länge und 0,040 mm Breite.

1) R. Hohnfeldt l. c. giebt an:

I. Unterirdische Organe.

1) Axe: 0 Spaltenöffnungen.

2) Blätter: a) aussen: 10 Spaltöffnungen von 0,034 mm Länge und 0,032 mm Breite.

b) innen: 0 „

Unterseite des Blattes:

62 Spaltöffnungen (varierend von 55 — 88) von 0,050 mm Länge und 0,040 mm Breite.

Stengel oben:

13 Spaltöffnungen („ „ 7 — 28) „ 0,045 „ „ „ 0,031 „ „

Stengel unten:

4 Spaltöffnungen („ „ 0 — 8) „ 0,050 „ „ „ 0,040 „ „

Niederblätter: 0 Spaltöffnungen.

Die Angaben sind die Mittelresultate einer grossen Zahl von Messungen. —

Von verwandten Arten habe ich den ähnlichsten Bau bei *Stellaria media* Cyrillo gefunden. Auch hier sind 4 Gruppen von Fibrovasalsträngen, ein geschlossener Bastring, eine Gefässbündelscheide und ein starkes Rindenparenchym mit einschichtiger Epidermis. Jedoch ist letztere nach aussen nicht so verdickt, das Rindenparenchym nur auf 6 Schichten beschränkt, die Zellen desselben im Querschnitt polygonal. —

Cakile maritima Scop.

ist ein zu der Familie der Cruciferen Juss., Unterfamilie der *Cakilinae* D.C., gehöriges, einjähriges, glattes, fleischiges Kraut oder ein Halbstrauch der Seeküsten mit fiederspaltigen, bläulich-grünen Blättern und terminalem Blütenstand mit blass-purpurnen Blüten. Die Wurzel ist eine Pfahlwurzel, welche sich sehr lang fadenförmig auszieht. Ich beobachtete kleine Exemplare, bei denen dieselbe einen Faden von beinahe 1 m Länge bildete. Mit Hilfe dieser ausgedehnten Wurzel befestigt sich die Pflanze in dem lockeren Sandboden.

Anatomisches: Der Stengel wird bekleidet von einer einschichtigen Epidermis, die chlorophylllos und entweder nur nach aussen oder nach aussen und innnn verdickt ist. Die Cuticula ist nicht immer scharf hervortretend. Ist eine Verdickung nach innen vorhanden, so findet sich auch meist unter der Epidermis eine ebenfalls chlorophylllose Hypodermis. Unter diesen Schichten liegen 6—8 Reihen rundlicher Rindenparenchymzellen, die etwas polygonal, im Querschnitt gesehen, abgeplattet aussehen, und kleine Interzellularräume an den Ecken zwischen sich führen. Die Dicke des Rindenparenchyms ist sehr verschieden. Es giebt daher dem Querschnitt des Stengels oft einen welligen Umriss. Die 3—4 äussersten Reihen der Rindenparenchymzellen sind bedeutend kleiner als die inneren und stark chlorophyllführend; die übrigen inneren Zellreihen besitzen kein Chlorophyll. Stärke konnte ich öfters, jedoch nicht immer, in den Chlorophyllkörnern nachweisen. Auf dieses Gewebe folgt eine wenig hervortretende Endodermis, die sich aber durch ihren Gehalt an Stärke als Stärkescheide kennzeichnet. Im Gefässbündel erzeugt ein ein-

II. Oberirdische Organe.

1) Stamm: a) unten: 3 Spaltöffnungen von 0,056 mm Länge und 0,039 mm Breite.

b) oben: 8 „ „ 0,049 „ „ „ 0,039 „ „

2) Blätter: a) unten: 65 „ „ 0,051 „ „ „ 0,039 „ „

b) oben: 64 „ „ 0,054 „ „ „ 0,044 „ „

heitlicher Cambiumring nach aussen Phloem nach innen Xylem. Das Phloem besteht fast nur aus Weichbast. Hartbast ist seltener vorhanden und tritt meist erst in älteren Stengeln auf. Das Xylem besteht in jüngeren Stengeln fast nur aus Gefässen. In älteren Exemplaren verholzt das interfasciculare Gewebe, und es entsteht ein geschlossener Holzring. Das im Centrum gelegene Mark ist von grosser Ausdehnung. Es ist aus rundlichen, im Querschnitt polygonal-abgeplatteten Zellen mit kleinen Intercellularräumen zusammengesetzt. In älteren Pflanzen wird dasselbe teilweise zerstört und der Stengel also hohl. Die primäre Wurzel gewinnt bald durch secundäres Dickenwachstum holzige Structur. Die einzelnen Xylemstränge besitzen viele grosse Gefässe und sind durch 1—2-schichtige Radialstreifen von Parenchym, Markstrahlen, getrennt. Die Epidermis wird zeitig abgestossen und durch Periderm ersetzt. Unter derselben bilden sich häufig einzelne, kleine Stränge von Hartbast.

Spaltöffnungen befinden sich auf 1 qmm:

Blatt:

84 (variierend von 51—108) von 0,039 mm Länge und 0,029 mm Breite.

Unterster äusserer Teil der Blätter:¹⁾

18 (variierend von 15—24) „ 0,041 „ „ „ 0,027 „ „

Stengel ganz unten:

8 (variierend von 2—13) „ 0,052 „ „ „ 0,032 „ „

Stengel untere Internodien:

20 (variierend von 14—28) „ 0,044 „ „ „ 0,034 „ „

Stengel mittlere Internodien:

28 (variierend von 20—35) „ 0,056 „ „ „ 0,037 „ „

Stengel ganz oben:

105 (variierend von 98—114) „ 0,037 „ „ „ 0,028 „ „

Mehrere unserer Pflanze verwandte Gattungen z. B. *Isatis*, *Raphanistrum* u. a. haben einen analogen, anatomischen Bau. Bei keiner jedoch erreicht das Rindenparenchym die Ausdehnung wie bei *Cakile*.

Salsola Kali L.

ist ein Halbstrauch des Meeresstrandes und salzhaltiger Standorte im Binnenlande aus der Familie der *Chenopodiaceae* Vent., Unterfamilie der *Salsoleae* Moquin-Tandon. Der Stengel erhebt sich ausgebreitet ästig und ist entweder kahl oder mit steifen Haaren besetzt. Man findet an ihm 8—10 weisse oder oft rote Streifen abwechselnd mit grünen herunterlaufend. Besonders bei glasigem Aussehen des Stengels treten die grünen Streifen der Chlorophyll-führenden Zellen sehr deutlich hervor, und auf ihnen kann man dann auch die Spaltöffnungen als kleine weisse Punkte mit blossen Auge wahrnehmen. Diese grünen Streifen gehen von den Blättern aus und setzen sich in dem Stengel weiter fort. — Die Rindenschichten lösen sich leicht vom Stengel los und werden auch, wenn

¹⁾ Die Epidermiszellen sind auf diesem Teil sehr in die Länge gestreckt.

der Stamm in seinen untern Teilen vom Sande verweht wird, zerstört. Die Wurzel ist eine Pfahlwurzel, welche lang fadenförmig auswächst und fadenförmige Seitenwurzeln entwickelt. Die Blätter sind sitzend, subcylindrisch, pfriemlich, am Ende in eine Stachelspitze auslaufend; auch sie sind entweder fast kahl oder stark mit borstenförmigen Haaren besetzt. Die Blüten stehen einzeln in der Achsel des mittelsten der 3, dreikantigen Hochblätter, welche sie decken. Zur Zeit der Frucht werden dieselben dick und steif.

Den Saft der Pflanze fand ich vormittags sauer reagierend, mittags aber nur sehr wenig sauer oder fast ganz neutral.

Anatomisches (Taf. II. Fig. 2). Der Stengel wird begrenzt durch eine Epidermis (ep), deren Zellen nach aussen hin verdickt sind und eine deutliche Cuticula (c) besitzen, welche an der Grenze von je 2 Epidermiszellen rinnenartig eingesenkt ist. Bei den behaarten Pflanzen wachsen einzelne Epidermiszellen in einzellige, dicke, spitze Haare mit dicken, cuticularisierten Wänden aus. Oft legen sich an die emporwachsende Epidermiszelle mehrere ihrer Nachbarzellen seitlich an. — Nach innen hin sind die Epidermiszellen nicht verdickt mit Ausnahme derjenigen Stellen, wo einzelne Collenchymstränge (coll) sich befinden. Diese unterbrechen an mehreren Stellen die peripherische Anordnung der weiteren Gewebe. Sie werden aus collenchymatisch verdickten, im Querschnitt runden oder elliptischen, im Längsschnitt langen und schmalen, mit horizontalen Wänden abgesetzten Zellen gebildet. Die peripherische und radiale Ausdehnung dieses Collenchyms ist sehr verschieden. Bald tritt es als Rippen (collr) über die Oberfläche hervor, bald hält es sich innerhalb der peripherischen Stammbegrenzung (coll). Seine Zellen enthalten häufig einen roten Farbstoff. Derselbe ist aus Schnitten durch Wasser und verdünnten Alkohol auslaugbar; bei Anwendung absoluten Alkohols diffundirt er jedoch nicht. Diese Collenchymstränge bilden jene oben erwähnten weissen oder rothen, an dem Stengel herablaufenden Streifen. — Das Collenchym unterbricht das unter der Epidermis befindliche Pallisadengewebe (p), gebildet aus einer Schicht dünnwandiger, im Längs- und Querschnitt des Stengels langer und schmaler, cylindrischer Zellen. Sie sind chlorophyllreich und bilden jene schon erwähnten grünen Streifen, welche an dem Stengel herunterlaufen. Die Pallisadenzellen weichen hin und wieder auseinander zwecks Bildung einer Athemhöhle (a) für die in der Epidermis befindlichen Spaltöffnungen (sp). Die Längsausdehnung der Spaltöffnung steht senkrecht zur Längsrichtung des Stengels; sie werden also bei Stammquerschnitten in ihrer Längsrichtung getroffen. Die Spaltöffnungen befinden sich nur zwischen den Epidermiszellen, welche über dem Pallisadengewebe gelegen sind. Sie sind nicht vorhanden in der Epidermis über dem Collenchym.

Beiderlei Epidermiszellen sind auch verschieden gestaltet. Die Oberhautzellen über der Pallisadenschicht sind von oben gesehen polygonal, im Längs- und Querschnitt subquadratisch; die über dem Collenchym gelegenen sind in der Richtung des Stengels lang gestreckt mit schrägen Wänden oben und unten, ihre Wände etwas collenchymatisch verdickt.

Mit dem Pallisadengewebe stets zusammen und zwar unmittelbar unter ihm befindet sich eine einzige Schicht rechteckiger, Chlorophyll- und Stärkehaltiger Zellen (st). Während ich nie im Chlorophyll der Pallisadenschicht Stärke nachweisen konnte, zeichnen sich diese Zellen fast stets durch ihren reichen Gehalt an Stärke aus. Sie dienen der Pflanze als „Stärkebehälter“. Unter dem Collenchym treten jene Stärke-führenden Zellen niemals auf.

Gheorghieff¹⁾ sagt über die Ausbildung des Chlorophyll-führenden Gewebes nur, dass „es aus zwei Reihen von subepidermalen Zellen besteht, von welchen die äusseren radial gestreckt als Pallisadenparenchym ausgebildet sind; die inneren sind grosslumiger, kürzer, sogar tangential verlängert“. Letztere gehören eben unserer Stärke-führenden Zellschicht an.

Unter diesen Zellschichten und unter dem Collenchym zieht sich das Rindenparenchym (rp) hin, bestehend aus 2—5 Reihen polyedrischer Zellen von sehr verschiedener Grösse, die ohne Interzellularräume dicht aneinander liegen. Von der äussersten Schicht derselben und zwar von denjenigen Zellen, die direct unter den Stärke-führenden Zellen liegen, zeichnen sich einige durch ihren Inhalt von Krystalldrüsen des oxalsauren Kalks aus. Dieses ganze Gewebe ist eine Art „Wassergewebe“, wie wir es auch in den Blättern haben, und von dem auch F. W. C. Areschoug²⁾ bemerkt: „Das innere Rindenparenchym des Stammes stimmt in allen wesentlichen Hinsichten mit dem Wassergewebe des Blattes überein“. — Nach innen befindet sich dann weiter eine allerdings wenig hervortretende Endodermis (end), die sich durch ihren Gehalt an Stärke ebenfalls als Stärkescheide erweist.

Das Gefässbündelsystem ist von Gernet³⁾, De Bary und neuerdings von Gheorghieff⁴⁾ bearbeitet worden. In der Jugend werden die einzelnen Gefässbündel durch Markparenchym getrennt, später aber verholzt alles interfasciculare Gewebe, und es entsteht ein geschlossener Holzring, welcher der Zerstörung, die das gesamte Rindenparenchym des unteren Stengels bei Verwehung durch den Sand erleidet, Einhalt tut. — Die Mitte des Stammes wird von dem stark entwickelten Mark eingenommen. Dasselbe besteht aus polyedrischen Zellen meist ohne Interzellularräume. Bei den verholzten Stengeln wird dasselbe oft zerstört und der Stengel hohl.

Der Vegetationskegel ist halbkugelig. Eigentümlich sind an den jungen Blättern lange dünne, gegliederte Knospenhaare, die später abgeworfen werden.

Das Blatt ist im unteren Teile dreikantig, wird dann im Querschnitt gesehen halbkreisförmig und weiter oben walzenförmig, um am Ende nach innen

1) Gheorghieff: Beitrag zur vergleichenden Anatomie der Chenopodiaceen. Bot. Centralbl. B. XXX. u. XXXI. 1887. (B. XXXI. p. 114.)

2) F. W. C. Areschoug: Jemförande Undersökningar öfver Bladets Anatomi. Kongl. Fysiografiska Sällskapet i Lund Minnedsskrift. 1878. p. 121.

3) Gernet: Notizen über den Bau des Holzkörpers einiger Chenopodiaceen. Bull. d. l. Soc. Impér. des natural. t. XXXII. Moscou 1859.

4) l. c. B. XXX. Taf. V. Fig. 4. B. XXXI. p. 113—115.

zu in eine Stachelspitze auszulaufen. — Die Anatomie des Blattes ist schon von Areschoug¹⁾ sehr genau beschrieben worden. Ich will deshalb hier nur das notwendigste wiederholen, indem ich einiges von ihm nicht erwähnte hinzufüge. In das Blatt treten 3 Gefässbündel, welche in dem unteren dreikantigen Teile desselben in der Mitte und in den Kanten sich befinden; in dem cylindrischen Teile ist das Hauptgefässbündel in der Mitte, während die beiden andern seitlich von ihm im Grundgewebe verlaufen. Man unterscheidet Xylem, Weich- und Hartbast. Auch eine Strangscheide ist stets, wenn auch manchmal undeutlich vorhanden. Sie wird gebildet aus etwas verdickten polygonalen Zellen. Die Existenz derselben wird von Areschoug geläugnet. Die Fleischigkeit des Blattes beruht in dem in Wassergewebe umgewandelten inneren Parenchym von grossen, polyedrischen Zellen ohne Intercellularräume. Sie stehen durch einfache Tüpfel mit einander in Verbindung. Die Epidermiszellen des dreikantigen Teils des Blattes sind in der Längsrichtung des Blattes ausgedehnt, diejenigen des walzenförmigen Teils sind polygonal, nicht gestreckt. Eine Cuticula ist deutlich entwickelt. Die Epidermiszellen wachsen bei den rauen Pflanzen in spitze Haare aus, deren Wände dick und cuticularisiert sind, und deren Basis sich öfters über mehrere Zellen erstreckt. Unter der Epidermis befindet sich wie beim Stengel eine Schicht von Pallisadengewebe und unter diesem stets jene Schicht rectangulärer Zellen, jener Stärkebehälter. Beide sind chlorophyllführend. Stärke ist stets nur in den letzteren nachweisbar. Areschoug sagt über das Vorhandensein von Stärke nichts. Dieses Pallisadengewebe mit den Stärke-führenden Zellen bildet in dem unteren, im Querschnitt dreieckigen Teile des Blattes zwei Streifen auf den Schenkeln des Dreiecks. In dem halbkreisförmigen Querschnitt finden wir 4 Streifen; sie werden in der Mitte der Basis und des Halbkreises eine grosse Strecke hindurch, in den Ecken nur sehr wenig von Collenchym unterbrochen. Diese Unterbrechung wird nach oben hin immer mehr reduciert, und in dem kreisförmigen Querschnitt des walzigen Teiles des Blattes finden wir eine einzige, peripherische Lage von Pallisadengewebe mit den stets darunter befindlichen Stärkebehältern. Unter letzteren Zellen sind auch hier im Blatte häufig Krystalle von Kalkoxalat in der äussersten Zellschicht des inneren Parenchyms. Das Auftreten dieses oxalsauren Kalkes fast ausschliesslich in der Parenchymschicht dicht unter den Stärkereservoirs sowol im Blatt als auch im Stengel beweist, dass derselbe ein Produkt des Stoffwechsels ist und bei der Umsetzung der Stärke seine Entstehung findet. Unter diesen Stärkebehältern verzweigt sich das Gefässbündel²⁾. Offenbar saugt dasselbe die durch Assimilation in den Pallisadenzellen gebildeten, aber erst in der darunter liegenden Zellschicht nachweisbar werdenden Bildungsstoffe auf und führt sie weiter. Nach der Stachelspitze zu trennt sich dieser Pallisadenzellring in 2 Teile und verschwindet allmählich ganz. Gleichzeitig beginnt das Parenchym zu verholzen. Diese Ver-

¹⁾ l. c. p. 117—121.

²⁾ cf. Areschoug l. c. Tab. IX. fig. 2. (Querschnitt des Blattes) u. Tab. IX. fig. 4.

holzung greift immer weiter um sich, so dass wir in der Stachelspitze nur das Gefässbündel, umgeben von diesem verholzten Parenchym, finden. Die Zellen desselben stehen durch einfache Tüpfel, welche die dicken Membranen durchsetzen, mit einander in Verbindung. Auch hier gehen noch von der Epidermis Haare aus.

Es ist eine eigentümliche Tatsache, dass man in den Chlorophyllkörnern der Pallisadenschicht nie Stärke nachweisen kann, dagegen stets in den darunter gelegenen Zellen Stärke vorhanden ist. Denkt man an die von A. F. W. Schimper¹⁾ aufgestellte Theorie, „dass überall im Assimilationsprozess Glycose gebildet wird, und dass die Stärke aus dieser Glycose entsteht, wenn die Menge derselben in der Zelle ein bestimmtes, je nach der Art ungleiches Maximum überschreitet“, so können wir annehmen, dass in den oberen Pallisadenzellen sich Glycose bildet, dass diese sofort nach den darunter gelegenen rectangulären Zellen, den Stärkebehältern, weiter wandert und durch deren Vermittelung von den Gefässbündeln aufgenommen und fortgeleitet wird. Das letztere geschieht aber meist nicht mit der Schnelligkeit, um die Menge der Glycose in den rectangulären Zellen unter jenes Maximum zu bringen, und deshalb wird aus ihr Stärke in diesen Zellen gebildet. Zuweilen allerdings findet man auch in diesen Zellen keine Stärke, und es ist dann anzunehmen, dass die betreffenden Pflanzen einen schwachen Assimilationsprozess also vielleicht eine schwache Beleuchtung gehabt haben. Leider konnte ich mit lebenden Exemplaren nicht experimentieren.

Areschoug²⁾ hegt über die beiden Chlorophyll-führenden Schichten folgende Mutmassung: „Von den beiden Schichten des Chlorophyllparenchyms im Blatte dürfte die äussere oder das Pallisadenparenchym das äussere Rindenparenchym repräsentieren, und die innere dürfte demjenigen Teile des inneren Rindenparenchyms der bifacialen Blätter entsprechen, in welchem sich die feineren Gefässbündel verzweigen und anastomosieren. Auch befinden sich bei dieser Pflanze alle dergleichen Gefässbündelverzweigungen auf der Innenseite dieser Zellschicht. Die inneren Schichten des inneren Rindenparenchyms, welche in bifacialen Blättern ein chlorophyllführendes und pneumatisches Parenchym darstellen, sind dagegen hier umgebildet in ein Wassergewebe, welches des Chlorophylls entbehrt, und welches verursacht, dass die Blätter dieser Pflanze so saftig werden“. Meine Meinung ist jedoch die, dass die äussere Chlorophyll-führende Pallisadenschicht der ersten Reihe Pallisadenzellen eines bifacialen Blattes, die innere Reihe rectangulärer, Chlorophyll- und Stärkehaltiger Zellen dagegen einer zumeist in fast allen Blättern vorhandenen, zweiten Zone von Pallisadenzellen, die sich zu Stärkebehältern umgewandelt haben, entspricht. Dafür spricht ihr reichlicher Chlorophyll- und Stärkegehalt, die äusserst dichte Verbindung und Anlagerung jener Zellen an einander und mit den Pallisadenzellen, ihr Hinabsteigen mit diesen in den

1) A. F. W. Schimper: Über Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Bot. Ztg. 1885. p. 787.

2) l. c. p. 121.

Stengel sowie die enge Anlagerung der Gefässbündel im Blatte dicht unter ihnen. Das Schwammparenchym würde dann einheitlich in Wassergewebe übergegangen sein.

Die Gewebe des Rindenparenchyms des Stengels stimmen mit den Geweben des Blattes auffallend überein, nur dass in ersteren jene Verzweigung der Gefässbündel unter den rectangulären, Stärke-haltigen Zellen fehlt.

Die drei Hochblätter, welche die Blüte, später die Frucht umgeben, sind dreikantig, mit einer stumpfen Kante nach aussen, am Grunde innen concav. Das mittelste Blatt deckt mit seinen Rändern die beiden seitlichen. Die freie, nicht gedeckte Hälfte der Seitenblätter ist verlängert und läuft in eine häutige Kante aus.

Das Mittelblatt verhält sich anatomisch wie die gewöhnlichen Laubblätter, nur dass es auch in seinem cylindrischen Teile, im Querschnitt gesehen, die Form eines sphärischen Dreiecks hat, und das Pallisadengewebe stets an der Spitze dieses sphärischen Dreiecks, also der nach aussen gerichteten Kante des Blattes, durch einige Zellen unterbrochen ist.

In den Seitenblättern tritt das Pallisadengewebe anfänglich auf der einen und zwar der nicht vom Mittelblatt gedeckten Seite des Blattes auf weiter oben erst auch auf der andern Hälfte. Noch mehr aufwärts bildet sich ein Streifen auf der Hälfte der inneren Fläche, welche an dem ungedeckten Rande gelegen ist im Querschnitt also auf der einen Hälfte der Basis des Dreiecks. Bald vereinigt sich dieser mit dem ihm benachbarten Seitenstreifen. Noch weiter nach oben entwickelt sich auch auf der andern Hälfte der Basis eine Pallisadenschicht. Dieselbe wächst in höheren Blattregionen sowohl mit der Schicht am benachbarten Schenkel als auch mit dem andern Basis-Pallisadengewebe zusammen, so dass nur noch an der Spitze eine Unterbrechung stattfindet. Auch hier geht zuletzt eine Vereinigung vor sich, so dass wir wiederum einen geschlossenen Ring haben. Die Gewebe gehen dann wie beim gewöhnlichen Blatt in die Stachelspitze über. Wir sehen hier also deutlich, wie das Auftreten dieser Pallisadenstreifen mit dem Zurücktreten der Blattdeckungen zusammenhängt, und wie der Einfluss des Lichtes die Bildung und Entwicklung jenes Chlorophyll-führenden Gewebes bewirkt.

Die Spaltöffnungen stehen wie an dem Stengel auch auf dem Blatt mit ihrer Längsrichtung senkrecht zur Längsausdehnung des Blattes. Der Spaltöffnungsapparat wird gebildet aus dem Schliesszellenpaar, dessen halbmondförmige Schliesszellen in gewöhnlicher Weise zusammen eine ovale Figur in der Flächenansicht bilden. Sie werden eingefasst von 4 Nebenzellen. Das den Schliesszellen benachbarte Nebenzellenpaar nimmt dieselben in concaven Höhlungen seiner schräg nach oben gekehrten Seitenwandung auf. Mit dem zweiten Nebenzellenpaar grenzt sich das erste durch schräge Wandungen ab. Die Nebenzellen sind 2—3 mal höher als die Schliesszellen. Von den Nebenzellen sind je 2 an der convexen Fläche der Schliesszellen parallel der Spalte und 2 andere an den Enden der Spalte angelagert. Die 4 Nebenzellen umgrenzen mit ihren unteren

Seitenwänden einen rechteckigen oder ovalen Raum, der direct zur Atemhöhle führt. Die letztere entsteht dadurch, dass die Pallisadenzellen von der Epidermis zurückweichen. Auf dem walzenförmigen Teil des Blattes sind die Spaltöffnungen ziemlich gleichmässig verteilt. Sie fehlen vollständig auf der inneren Seite des untersten, dreikantigen Teiles des Blattes und ebenso auf der Oberseite d. h. Innenseite der Hochblätter. An dem Stengel sind sie nur in der Epidermis über den Pallisadenzellen, auf diese Flächen bezieht sich auch nur die unten angegebene Verbreitung derselben auf dem Stengel. Über die Verteilung und Grösse der Spaltöffnungen fand ich folgendes:

1) Blätter von alten	
rauhem Pflanzen hatten im Durchschnitt*)	96 Spaltöffnungen von 0,038 mm Länge u. 0,037 mm Breite
glatten „ „ „ „	86 „ „ 0,030 „ „ „ 0,030 „ „
2) Blätter von jungen	
rauhem Pflanzen hatten im Durchschnitt	105 Spaltöffnungen von 0,030 mm Länge u. 0,025 mm Breite
glatten „ „ „ „	68 „ „ 0,038 „ „ „ 0,034 „ „
3) Hochblätter von	
rauhem Pflanzen hatten im Durchschnitt	107 Spaltöffnungen von 0,039 mm Länge u. 0,039 mm Breite
glatten „ „ „ „	90 „ „ 0,040 „ „ „ 0,031 „ „
4) Stengel von	
rauhem Pflanzen hatten im Durchschnitt	72 Spaltöffnungen von 0,039 mm Länge u. 0,034 mm Breite
glatten „ „ „ „	59 „ „ 0,039 „ „ „ 0,033 „ „

Mit *Salsola* verwandte Arten wie z. B. *Chenopodium* und *Atriplex* besitzen jene eigentümliche, blattähnliche Structur des Rindenparenchyms im Stengel nicht. Bei ihnen findet man nur zwischen den Collenchymleisten in den äusseren Rindenparenchymzellen eine Anhäufung von Chlorophyll führenden Zellen nicht aber eine Ausbildung des Gewebes zu Pallisadenzellen. Eine ähnliche Blattstructur des Stengelrindenparenchyms finden wir aber bei

Salicornia herbacea L.

Die Anatomie der Salicornien, besonders des Rindenparenchyms derselben, ist von Duval-Jouve¹⁾ und De Bary²⁾ beschrieben worden. Auch A. Batalin³⁾ sagt einiges über dieselbe.

Wie bei *Salsola*, so liegen auch hier unter der Epidermis des Stammes 2 Reihen Pallisadenzellen, welche „reichlich stärkefreie Chlorophyllkörner“ enthalten. Unter ihnen finden wir aber bei *Salicornia* die Rinde „von einem ringsum geschlossenen (nicht unterbrochenen wie Duval-Jouve angiebt) Bündelnetze durchzogen⁴⁾“, was bei *Salsola* nicht der Fall ist. Diese Rinde des Stengels entsteht durch Verwachsung des Stammes mit den stengelumfassenden

*) Auf 1 qmm.

1) Duval-Jouve: Des Salicornia de l'Hérault. Bull. de la Soc. bot. de France T. XV. 1868.

2) De Bary: Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. Leipzig 1877.

3) A. Batalin: Wirkung des Chlornatriums auf die Entwicklung von *Salicornia herbacea* L. Bull. du Congrès intern. de Bot. et d'Horticult. à St. Pétersbourg, 1884.

4) De Bary l. c. p. 309.

Blättern; sie hat in Folge dessen „die anatomischen und physiologischen Eigenschaften der Laubausbreitungen“. Weiter nach innen befinden sich unter den Pallisadenzellen 6—8 Reihen Schwammparenchym bis zur Endodermis. Das Gefässbündelsystem zeigt manches eigentümliche¹⁾. In dem Centrum des Stengels befindet sich das Mark, welches abstirbt und einer Lufthöhle Platz macht.

Aster Tripolium L.

ist eine ausdauernde Pflanze an feuchten Stellen des Meeresstrandes und salzhaltigen Orten des Binnenlandes. Der Stengel derselben ist einfach verzweigt, kahl, fleischig; die Blätter einfach, ganzrandig, kahl und wenig fleischig.

Ich habe mein Material von einer Wiese in der Nähe der Ostsee bei Swinemünde gesammelt.

Die starke Succulenz des Stengels (Taf. II. Fig. 3) beruht auch hier auf der grossen Ausdehnung des Rindenparenchyms (rp). Dasselbe besteht aus rundlichen Zellen von verschiedener Grösse, die zwischen sich grosse Luftgänge (lg) lassen und zwar so, dass dieselben gewöhnlich radial ausgedehnt sind und von einschichtigen Zellreihen begrenzt werden. Dadurch ist der Habitus dieses Parenchyms demjenigen einer Wasserpflanze nicht unähnlich. Die Entstehung der Gänge geschieht schizogen. Begrenzt wird dieses Parenchym einerseits nach aussen hin durch eine Hypodermis und Epidermis, andererseits nach innen hin durch eine Endodermis. Die Epidermis (ep) besitzt eine schwache, gewellte Cuticula (c). Ihre Zellen sind nur sehr wenig verdickt. Unter ihr befindet sich eine Hypodermis (hp), aus eng aneinander liegenden, rundlichen Zellen bestehend. Sie hebt sich um so mehr von dem folgenden Rindenparenchym ab, als von ihr zuerst die Luftgänge ausgehen, nicht von der Epidermis. Die Endodermis (end) ist nur undeutlich ausgeprägt, aber durch die in ihr enthaltene Stärke als Stärkescheide ausgezeichnet; ihre Zellen sind rundlich polyedrisch. Unter ihr nach innen zu liegen die Gefässbündel. Jedes derselben zeigt nach aussen zunächst einige dünne, unverdickte Zellen Protophloems (pphl), dann folgen mehrere Schichten Hartbast (hb), hierauf der vom Cambium neu gebildete Bast (b), dann das Cambium (c) selbst, welches nach innen secundäres Holz (sh) abgelagert hat, unter welchem sich das Protoxylem (px) mit zahlreichen, grossen Gefässen (g) findet. Jedes einzelne Bündel drängt die Endodermis nach aussen vor. Das die Gefässbündel umgebende äussere Mark (am) sowie sämtliche interfascicularen Gewebe verholzen. Das innere, lockere Mark (im), welches eine sehr bedeutende Ausdehnung gewöhnlich hat und aus runden Zellen besteht, verholzt nicht und wird gewöhnlich zerstört; es entsteht dadurch im Centrum des Stengels eine Höhlung.

¹⁾ cf. De Bary l. c. p. 607. Gheorghieff l. c. Bot. Centralbl. XXXI. p. 114.

Spaltöffnungen fand ich auf 1 qmm auf dem

Stengel unten:

sehr wenige von 0,043 mm Länge und 0,031 mm Breite.

Stengel in der Mitte:

26 (zwischen 20—29) „ 0,0537 „ „ „ 0,034 „ „ „ b. d. langgestreckten Zellen.
 „ 0,034 „ „ „ 0,034 „ „ „ „ „ polygonalen Zellen.

Stengel oben:

45 (var. von 40—55) „ 0,057 „ „ „ 0,034 „ „ „

Blatt-Oberseite:

56 (var. von 49—66) „ 0,0455 „ „ „ 0,0362 „ „ „

Blatt-Unterseite:

60 (var. von 52—67) „ 0,0462 „ „ „ 0,0330 „ „ „

Der Bau verwandter A stern weicht wesentlich von dem Bau des *Aster Tripolium* L. ab. Bei allen findet zunächst die Verholzung des interfascicularen Gewebes schon sehr früh statt. Bei keiner ist aber das Rindenparenchym in der Weise gebaut wie bei *Aster Tripolium* L.

Glaux maritima L.

Morphologisches. Der fleischige, runde Stengel ist entweder aufstrebend oder niederliegend und wird im Durchschnitt 0,05—0,10 m lang. Er ist mit fleischigen, gegenständigen, länglich-lanzettlichen, sitzenden Blättern, die eingestochen-punktiert erscheinen, in decussierter Blattstellung besetzt. In Folge dieser Blattstellung läuft an dem Internodium eine Vertiefung bis zum nächsten Blattwirtel herab, mündet bei diesem also in der Blattachsel. Ist der Stengel dem Boden anliegend, so ist Opposition und Dekussion der Blätter gestört. Sie stehen dann in dem niederliegenden Teile des Stengels abwechselnd, plagiotrop. In den Achseln der Blätter bilden sich die kurzgestielten Blüten einzeln.

Der Hauptstamm setzt sich in das unterirdische, im Boden flach ausgebreitete, verzweigte Sprosssystem fort, welches ausserordentlich stark entwickelt ist, und mit welchem sich die Pflanze in dem losen Sandboden festhält. Dasselbe ist mit Internodien versehen. An jedem Knoten entspringen 2 kleine, gegenständige, dreieckige, mit der Basis des spitzwinkligen Dreiecks stengelumfassende Niederblätter. Ferner entstehen an den Knoten die Wurzeln, und zwar kann man deutlich zweierlei Arten von Wurzeln unterscheiden: 1) feine, faserförmige, äusserlich dunkelgefärbte, welche sowohl vom Stengel als auch von den Stolonen ausgehen, 2) starke, in jungem Zustande pfriemförmige, weisse, welche sich überall da finden, wo ein junges Pflänzchen aus dem Knoten des Stolons und zwar in der Achsel der Niederblätter entspringt. Sie scheinen also zur Speicherung von Reservestoffen für den neuen Spross angelegt. Auch die Wurzeln entstehen hier in der Achsel der Niederblätter.

Anatomisches. Einiges über die Anatomie von *Glaux* giebt F. Kamienski¹⁾ an. Er beschreibt zunächst den Bau einer Wurzel und zwar vermutlich jener zur Aufspeicherung von Reservestoffen dienenden, bei welcher dieselben aber zum grössten Teil verbraucht sind; über diese Reservestoffe selbst sagt er nichts. Die andere faserförmige Wurzelart hat er gar nicht gesehen. Das Gewebe des Stengels „zeigt einen der *Lysimachia nummularia* ähnlichen anatomischen Bau“. Charakteristisch ist nach Kamienski 1) das Dickenwachstum mittels stark entwickelten Cambiums, welches die tangentialen Streckung der Schutzscheidezellen verursacht, und 2) das Mark, „welches aus wenigen grossen, etwas dickwandigen, getüpfelten Zellen besteht, die so dicht aneinander liegen, dass sie keine Intercellularräume bilden“. Letzteres ist direct falsch, da sich sehr wol grosse Intercellulargänge im Mark vorfinden (cf. Taf. I. Fig. 4). Kamienski beschreibt die Anatomie eines älteren Stengels, ohne aber viele charakteristische Eigentümlichkeiten desselben zu beachten.

Der fleischige Habitus des Stengels (Taf. II., Fig. 4.) beruht auf der sehr bedeutenden Entwicklung des Rindenparenchyms. Die Epidermis besteht aus einer einfachen Zellschicht, die nach aussen von einer stark entwickelten Cuticula (c) begrenzt ist. Man unterscheidet in ihr verschiedene Lamellen und an ihrer Aussenfläche ein dünnes aber scharf durch Lichtbrechung unterschiedenes Häutchen, Pellicula (nach Mohl). Die Cuticula ist selten glatt, meist wellig gefaltet. Besonders stark ist diese Einfaltung an der Grenze von zwei Epidermiszellen, wo die Cuticula sich rinnenförmig einbiegt. Die Zellen der Epidermis (ep) zeigen sich auf dem Querschnitt nahezu quadratisch auf dem Längsschnitt 2—3 mal länger als breit. Sie stehen in Längsreihen in der Richtung des Stammes. Die nach aussen und innen gerichteten Wände sind stark verdickt; sehr auffallend ist diese Verdickung nach innen. Auf dem Querschnitte sieht man die einzelnen Lamellen durch verschiedene Lichtbrechung von einander abgegrenzt, besonders deutlich an den äusseren Verdickungen. Die radialen Wände sind weniger verdickt und stehen mit einander durch einfache Tüpfel in Verbindung. Bei den horizontalen Wänden sind solche Tüpfel nicht vorhanden, dieselben sind aber dünner als die übrigen Wände. Die Zellen selbst sind mit Plasma erfüllt, haben meist einen grossen Kern mit Kernkörperchen, kein Chlorophyll oder sonstige Einschlüsse. Die einschichtige Zellreihe unter der Epidermis ist durch ihre ohne Intercellulargänge stattfindende Verwachsung mit der Epidermis als Hypoderm (hp) unterschieden. Ihre Zellen sind im Querschnitt rundlich quadratisch, im Längsschnitt 2 mal so lang als breit. Die Verdickungen der Aussenwände schliessen sich an die der Epidermis nach innen an, so dass die beiden Zellreihen vollständig mit einander verwachsen sind. Nur zuweilen löst sie sich von der Epidermis teilweise los. Nach innen ist die Hypodermis nur sehr wenig verdickt. Die ganze Schicht

1) F. Kamienski: Vergleichende Anatomie der Primulaceen. Abhandl. der Naturforsch. Gesellsch. zu Halle 1878.

steht mit dem darunterliegenden Rindenparenchym nur in lockerer Verbindung, durch grosse Intercellularräume stellenweise ganz abgetrennt. Die Hypodermis enthält Chlorophyllkörner, in denen man aber selten und dann auch nur wenig Stärke nachweisen kann. Unter der Hypodermis finden wir ein aus 12—18 Schichten bestehendes Rindenparenchym (rp). Die Zellen desselben sind auf dem Querschnitte rund, werden nach innen etwas grösser, enthalten Chlorophyllkörner und stehen durch sehr feine Tüpfel mit einander in Verbindung. Dieses Gewebe ist eine Art Schwammparenchym, in welchem sehr grosse Luftgänge (lg), durch einfache Zellschichten von einander geschieden, sich befinden. Diese Intercellulargänge sind an Grösse nicht gleich. Es sind grössere und kleinere vorhanden, so dass das ganze dem Parenchym einer Wasserpflanze sehr ähnlich sieht. Bei Exemplaren aus dem breslauer botanischen Garten und bei jungen Exemplaren des Strandes waren die Zellen nicht rund, sondern polygonal — meist 6eckig — und hingen dann immer mit je einer Seite zusammen. Dadurch erhielten auch die Luftgänge eine polygonale Gestalt, so dass die Ähnlichkeit mit einer Wasserpflanze noch mehr hervortrat. In die grossen Intercellulargänge ragen die Zellen mit ihren abgerundeten Enden frei hinein, wie man auf einem Längsschnitt erkennt. Je älter der Stamm desto grösser werden die Luftgänge, so dass sie, wenn man alte Exemplare durchschneidet, schon mit blossen Auge wahrnehmbar sind. Von diesem eigenartigen Bau des Rindenparenchyms sagt Kamienski nichts. Die Chlorophyllkörner der Zellen enthalten zuweilen Stärke, meist aber nicht.

Die Mitte des Stammes nimmt ein axiles Gefässbündelsystem ein. Dasselbe wird eingeschlossen von einer geschlossenen Strangscheide, Endodermis, deren rundliche Zellen auf dem Querschnitt tangential gestreckt erscheinen, eine einfache Schicht bildend. Bei einigen Präparaten zeigten die radialen Scheidewände die durch Wellung der radialen Membranen hervorgerufenen, sogenannten Caspary'schen Punkte. Auf dem Längsschnitt erweisen sich die Zellen als cylindrisch und 5—6 mal länger als breit. Sie sind erfüllt mit einer reichlichen Menge von Stärkekörnern, welche sich vorzugsweise an den oberen Querwänden ansammeln, während die unteren Querwände fast frei davon sind. Die Endodermis erweist sich daher als Stärkescheide. Im Innern des Centralcylinders unterscheiden wir das Xylem, welches aus 8 ungleichen Gruppen von Holzgefässen besteht. Die einzelnen Gefässe sind an Grösse sehr verschieden, spirallig verdickt und unregelmässig angeordnet. An das Xylem schliesst sich das Cambium und Phloem nach aussen an. Letzteres bildet Gruppen sehr kleiner Weichbastzellen, Cambiformbündel, die durch parenchymatische Bastmarkstrahlen getrennt werden. Unmittelbar unter der Stärkescheide finden wir 3—4 Schichten eines weithöhligeren Gewebes. Das Centrum des ganzen wird eingenommen von dem Mark. Es besteht aus grossen, rundlichen, getüpfelten Zellen welche grössere oder kleinere Intercellularräume zwischen sich lassen, nicht wie F. Kamienski¹⁾ behauptet, dass „die Zellen so dicht an ein-

¹⁾ l. c. p. 203.

ander liegen, dass sie keine Interzellularräume bilden“. Dieses durch Interzellularräume unterbrochene Gewebe erinnert an das Rindenparenchym, mit dem es auch durch Anwesenheit von Chlorophyllkörnern übereinstimmt. Nur sind sowohl die Zellen des Markes als auch die Interzellularräume wesentlich kleiner als die der Rinde und die Chlorophyllkörner sehr wenig zahlreich.

In älteren Stämmen vereinigen sich die 8 Bündel von Holzgefässen zunächst zu 2 Gruppen; indem sich Holzzellen bilden und sich gleichzeitig die Zellen radial anordnen, entstehen 2 gegenüberstehende Platten. In noch älteren Exemplaren finden wir einen vollkommen geschlossenen Xylemring mit radial angeordneten Spiralfässen und Holzzellen. Dies Stadium eines älteren Stammes hat auch Kamienski gesehen und beschreibt es als den typischen Bau von *Glaux*.

Ferner beobachtet man in älteren, dicken Stengeln und tieferen Internodien, direct unter der Endodermis nach innen sich anschliessend, eine 2—3reihige Schicht von 6-eckigen Zellen mit stark verdickten Wänden, die das Gefässbündelsystem mit einem Sklerenchymring (sk) umschliessen. Auf dem Längsschnitte sind die Zellen 2—3mal so lang als breit und zeigen einfache Tüpfel auf den peripherischen Wänden. Sie entstehen durch Verdickung der unter der Stärkescheide gelegenen Zellen und zwar zunächst nur auf einer Seite des Stammes (cf. Fig. 4.), um dann weiter fortzuschreiten, indem man plötzlich eine Strecke weiter eine Zelle verdickt sieht, bis schliesslich der ganze Ring geschlossen ist. — Dass dieser Ring öfters fehlt, berichtet schon M. Westermaier:¹⁾ Bei den Untersuchungen über den Bastring „stösst man selbstverständlich auf verschiedene Abstufungen einer bestimmten Erscheinung. Besonders instruktiv ist in dieser Hinsicht *Glaux maritima* L. Stark entwickelte Formen dieser Pflanze zeigen einen deutlich erkennbaren Bastring, z. B. ein Exemplar vom Strande der Ostsee. Dagegen ein solches aus dem tübinger botanischen Garten besass diese Merkmale nicht“. Westermaier hat eben in letzterem ein junges Exemplar untersucht, welches jener Verstärkung noch nicht bedürftig ist. Auch bei Exemplaren aus dem botanischen Garten zu Breslau fand ich diese Ringe nicht, ebenso aber auch nicht bei kleineren Exemplaren von der Ostsee. Behandelt man Schnitte mit Saffranin, so färben sich nur die Cuticula, der sklerenchymatische Ring, die Gefässe dunkelcarminrot und die Stärkescheide hellrot. Auf ähnliche Weise färben sich dieselben gelb bei Anwendung von schwefelsaurem Anilin. In älteren Stämmen sind auch einige Zellen mit Gerbstoff erfüllt, wie er sich ja bei fast allen Primulaceen findet. Die Epidermis des Stengels ist mit wenig Spaltöffnungen versehen und zwar kommen im Durchschnitt 4 auf 1 qmm. Auch Drüsenhaare finden sich, eingesenkt in die Epidermis, sehr zerstreut vor. Die Cuticularfalten laufen dann strahlenförmig auf diese Vertiefung zu. Der Bau der Haare ist denen auf den Blättern analog, wovon später die Rede sein wird.

¹⁾ M. Westermaier: Beiträge zur vergleichenden Anatomie. Monatsber. d. kgl. Ak. d. Wissensch. zu Berlin 1881.

Bei der Entwicklung der Gewebe am Vegetationspunkte lassen sich bald Dermatogen, Periblem und Plerom unterscheiden. Der Vegetationskegel ist flach. Über das Dermatogen hinweg selbst an der Spitze zieht sich eine Cuticula, welche sich bei einigen Präparaten bei der Behandlung mit Eau de Javelle abgehoben hatte. Die Blattanlagen entstehen decussiert, aber gewöhnlich ist die eine etwas kleiner als die andere. Sie entstehen ohne Zwischenraum zwischen sich zu lassen, und die Epidermis des einen Blattes geht direct in die des andern senkrecht unter ihm gelegenen über. Erst ungefähr an der fünften Blattanlage sieht man eine Reihe von cubischen Zellen quer über die anderen gestreckten sich fortsetzen und so die Anlage des Knotens bilden. In der dritten Blattanlage sieht man die Anlage des Gefässbündels in das Blatt hineingehen.

Drüsen finden sich auf den jungen Blättern sehr reichlich, und zwar fallen sie um so mehr auf, als sie weit über das Blatt hervorragten. Zuerst beobachtet man sie auf der dritten Blattpaaranlage. Die Entwicklung findet so statt, dass eine Epidermiszelle emporprosst und sich zu einem Köpfchen verbreitert. Sie dringt auch etwas weiter nach unten vor als ihre Nachbarn. In den Köpfchen sieht man eine innere Haut sich abheben, vielleicht hervorgerufen durch beginnende Secretion. Später bildet sich auch eine innere, untere, horizontale Wand und zwei auf einander senkrechte verticale, selten von diesen abgehend noch andere seitliche Verticalwände. Ausserdem wird auch die Epidermiszelle abgeschnitten, so dass man deutlich Fuss-, Stiel- und Kopfcelle unterscheiden kann. Von oben gesehen erblickt man die 2 senkrecht aufeinander stehenden Scheidewände in dem als Kreis erscheinenden Köpfchen und unter diesen die runde Epidermis-Fusszelle. Die Drüsen, die anfänglich bei den jungen Blättern des Vegetationskegels weit über die Epidermis hervorragten, werden später in dieselbe eingesenkt und zwar dadurch, dass sich Dermatogen und Periblem zu den Seiten der Drüse höher als dieselbe emporwölben. Das Emporwölben geschieht dadurch, dass die Hypodermis der jungen Blätter, welche durch anticlines Wachstum zur Pallisadenschicht wird, unter der Drüse nicht wächst. Dadurch kommt es, dass beim entwickelten Blatt die Drüsen in tiefen Gruben stehen. Den Inhalt des Köpfchens und das Secretionsproduct konnte ich nicht näher bestimmen. Dasselbe wird aber nach aussen hin secerniert und in der tiefen Einsenkung der Epidermis abgelagert.

Die ersten Spaltöffnungsanlagen am Vegetationskegel finden sich vom fünften Blattpaare ab. Von einigen Epidermiszellen ist eine Zelle abgeschnürt, die sich schon ausgedehnt und abgerundet hat. Die einfache Längswand ist bei mehreren auch schon im Begriff sich zu bilden. In älteren Stadien sieht man diese Wand sich spalten. Die ausgebildeten Spaltöffnungen haben einen regelmässigen Bau. Die Schliesszellen haben ein im Querschnitt 3eckiges Lumen, so dass der obere Teil der Wand stärker verdickt ist als die andern. Ausserdem besitzt jede der Schliesszellen nach aussen eine Cuticularleiste. Diese Leisten können sich ebenfalls zusammenschliessen und so einen Vorhof bilden. Bei Trockenheit

findet also ein doppelter Verschluss der Spaltöffnung statt: 1) durch die Leisten und 2) durch die Schliesszellen selbst. Die Spaltöffnungen sind in der Epidermis nicht vertieft.

Die Blätter haben auf ihrer Oberseite eine einfache Epidermis, deren Zellen nach aussen stark verdickt sind, nach innen dagegen weniger. Das Lumen der Zellen im Längs- und Querschnitt ist länglich abgerundet. Über die Epidermis hinweg zieht sich die stark gewellte Cuticula. Dieselbe ist oft so stark gefaltet, dass sie auf dem Querschnitt wie gezähnt erscheint. Cuticula und Epidermis werden unterbrochen durch die Spaltöffnungen und die vertieften Drüsen. Von den Einsenkungen dieser letzteren rühren auch die Gruben her, die man mit blossem Auge als Punkte auf der Oberfläche des Blattes sieht. Die Spaltöffnungen münden in grosse Atemhöhlen. Unter der Epidermis liegen 2 Schichten lang gestreckter mit Chlorophyll reich erfüllter Pallisadenzellen. Dann folgt das Schwammgewebe, bestehend aus 2 Reihen von runden Zellen, die durch je 1—2 weitere Zellen mit der Epidermis der Unterseite in lockerer Verbindung stehen. Letztere besteht ebenfalls wie die der Oberseite aus rundlichen oder länglich-abgerundeten Zellen mit nach aussen stark, nach innen weniger stark verdickten Wänden, nach aussen abgeschlossen durch die gefaltete Cuticula. Auch sie hat natürlich Spaltöffnungen und eingesenkte Drüsenhaare. Spaltöffnungen befinden sich auf der Oberseite des Blattes im Durchschnitt 72 — sie variieren von 44 bis 104 — auf der Unterseite 91 — in Unterschieden von 68 bis 120 — auf 1 qmm. An der Grenze zwischen Pallisadengewebe und Schwammparenchym verlaufen die Gefässbündel, jedes umgeben von einer stark ausgeprägten Endodermis, welche auch hier als Stärkescheide fungiert.

Der Hauptstengel geht direct in das unterirdische Sprosssystem über, aus dem sich in den Achseln der Niederblätter an den Knoten wieder neue Pflänzchen und Wurzeln entwickeln. In dem Gewebe des Hauptstengels zerfällt zunächst das Rindenparenchym teilweise, indem die Zellen desselben zerstört werden, so dass die einreihige Epidermis mit der starken Cuticula, die Hypodermis, sowie wenige Schichten Parenchymzellen um das axile Gefässbündelssystem erhalten bleiben. Diese letzteren Parenchymzellen werden mit der Hypodermis durch einzelne, radiale Reihen von erhalten gebliebenen Parenchymzellen verbunden. Hierdurch werden grosse Lufträume erzeugt. Dieselben waren also im Stengel ursprünglich schizogen entstanden und haben sich dann lysigen in den unterirdischen Stammteilen vergrössert. In den Parenchymzellen sind die Chlorophyllträger erhalten, aber ohne Chlorophyll. Sie zeigen jedoch reichlich Stärke wenigstens in den dem oberirdischen Stengel benachbarten Sprossstellen. In entfernteren Internodien findet sich sowohl im Rindenparenchym als auch in der Endodermis dieselbe nicht mehr vor. Nur in den jüngsten Internodien in der Nähe der Spitze des unterirdischen Sprosses zeigt sich die Stärkescheide mit Stärke erfüllt. Sie ist am Vegetationskegel dieser Sprosse sehr früh schon entwickelt und bereits reich mit Stärke gefüllt, wenn kaum eine Differenzierung der einzelnen Gewebsarten in den Geweben der Vegetationsspitze zu unter-

scheiden ist. Der Vegetationskegel selbst ist sehr flach. Die jungen Blätter an dieser unterirdischen Vegetationsspitze haben Chlorophyll mit Stärke, und über die dem Vegetationskegel zugekehrte, innere Seite ragen zahlreiche Drüsenköpfe hervor. Auf der äusseren Seite finden sich keine Drüsen. Die Niederblätter an den Knoten sind auf beiden Seiten mit Spaltöffnungen versehen, deren Schliesszellen Stärkekörner enthalten. Auf der inneren Seite dieser Blätter befinden sich auch Drüsen.

An den Knoten entspringen auch die Wurzeln, und zwar sind dieselben wie schon erwähnt, zweierlei Art: 1) feine Faserwurzeln, 2) dicke, weisse Wurzeln.

Die Faserwurzeln (Fig. 5) bestehen aus einer Epidermis (ep), deren Zellen mit Jod sich stark braun färben, meist auch noch aus einer subepidermalen Schicht (Fig. 6.), deren Zellwände sich ebenfalls mit Jod tingieren, wie überhaupt beide Schichten sich gegen Reagentien vollkommen gleich verhalten. Das darunterliegende Parenchym (rp) färbt sich mit Jod nicht. Oft werden aber diese beiden Epidermisreihen zerstört, und die nächsten Parenchymreihen müssen ihre Stelle ersetzen. Die Wände der Parenchymzellen sind meist stark zerdrückt, wie dies oft auch mit den Epidermiszellen der Fall zu sein pflegt. Alle sind mit Plasma erfüllt und Kerne häufig zu beobachten. Das centrale, diarche Gefässbündelsystem ist auch hier eingeschlossen von einer stark ausgeprägten Endodermis (end). Caspary'sche Punkte konnte ich an ihr nie wahrnehmen. Durch die Epidermis brechen Pilze hindurch (Fig. 6), die sich dann als vielfach gewundene Hyphen (plph) von ungleicher Dicke, mit zahlreichen Tröpfchen eingelagert, in der ersten Parenchymschicht (rp) vorfinden.

Die oben erwähnte zweite Art von Wurzeln (Fig. 7) ist dicker, fleischig, spröde, äusserlich weiss. Auch sie besitzen eine zweischichtige Epidermis (ep), deren äusserste Reihe aus kleineren Zellen besteht als die innere, die etwas verdickt ist. Beide Reihen verhalten sich gegen Reagentien gegenüber gleich. Das darunterliegende Parenchym (rp) ist sehr locker und besteht aus 10—15 Schichten runder Zellen von sehr ungleicher Grösse, die zwischen sich 3- und mehreckige Interzellularräume lassen. Die Zellen sind mit Stärkekörnern vollgepfropft. Dann folgt die einschichtige Gefässbündelscheide (end), welche das tetrarche Gefässbündelsystem einschliesst. Sie lässt auf Querschnittspräparaten stets die Caspary'schen Punkte auf ihren radialen Wänden erkennen. Nebenwurzeln sind in der Anlage in grosser Zahl vorhanden. Bei ihrem Austritt müssen sie die Endodermis durchbrechen und werden durch dieselbe zusammengedrückt, breiten sich dann aber in dem lockeren Parenchym wieder aus, so dass sie auf dem Querschnitt durch die Hauptwurzel etwas spindelförmig erscheinen. Der Reichtum an Stärke charakterisiert diese Wurzeln als Reservoir der Nährstoffe für das junge, an dem betreffenden Knoten entstehende Pflänzchen. Das vielschichtige, lockere Rindenparenchym macht dieselben fleischig; die in diesem aufgehäufte Stärke giebt ihnen die weisse Farbe. Werden diese Wurzeln älter (Fig. 8), so vergrössern sie ihren Umfang durch Vermehrung

und Lockerung des Rindenparenchyms. Die Vermehrung desselben geschieht in den innersten um die Endodermis gelagerten Schichten (irp). Die Gefässbündel haben sich ebenfalls vermehrt und nehmen das ganze Centrum ein. Die Gefässe selbst sind stark vergrössert, ihre Wände verdickt. Auch die Endodermis (end) hat sich etwas verdickt, zeigt aber noch immer die für sie charakteristischen Caspary'schen Punkte. Die im Rindenparenchym aufgespeicherte Stärke wird allmählig verbraucht, und die Zellen werden ihres Inhalts entleert. Dieses Stadium der Wurzel scheint auch Kamienski¹⁾ gesehen zu haben, wenigstens muss man es aus seinen dürftigen Angaben hierüber schliessen: „Die Wurzel von *Glaux* wird durch die starke Entwicklung der Rinde charakterisiert. Die aus grossen, dünnwandigen, parenchymatischen Zellen bestehende Rinde nimmt den grössten Teil des Querschnittes ein; die äusseren Schichten der Rinde bilden etwas kleinere und dickwandige Zellen, die hier die schwach entwickelte, zarte und hinfällige Epidermis ersetzen.“ Die Epidermis scheint aber nicht so „zart und hinfällig“ zu sein, denn sie bleibt bei älteren Wurzeln stets erhalten, während das Parenchym, dessen Zellen durch Entleerung des Stärke-Inhalts ihre Widerstandskraft verloren haben, den Einwirkungen des losen, sandigen Bodens erliegt und zerstört wird. Die meisten der Zellen gehen zu Grunde, und es entstehen grosse Hohlräume, in denen man noch die Reste der zerstörten Zellen sieht. Manche der Parenchymzellen bleiben dabei erhalten, und in ihnen befinden sich noch Stärkekörner. Stets aber bleiben bei ihnen die beiden Epidermisschichten und gewöhnlich auch noch die darunter gelegene Rindenparenchymschicht bestehen. Sie halten die schädlichen Einflüsse des Sandes von den inneren Geweben ab. Die Wurzeln verlieren mit dem Verbrauch der Stärke ihre weisse Farbe; sie werden gelblich-braun, und ihr äusseres Ansehen gleicht vollständig dem der unterirdischen Sprosse. Wir haben hier ein ähnliches Verhalten dieser Wurzeln wie bei *Honkenya*.

Von verwandten Arten sind es namentlich die *Lysimachien*, welche einen ähnlichen Bau besitzen. *Lysimachia vulgaris* L., welche Kamienski²⁾ abbildet, hat zwar auch im Mark und Rindenparenchym ungewöhnlich grosse und zahlreiche Intercellularräume, aber sie erlangen nicht die Grösse und Regelmässigkeit jener Luftgänge wie bei *Glaux*, und auch das Parenchym erreicht nicht den Umfang wie bei unserer Halophyte. Ähnliche Luftgänge, wie *Glaux* sie besitzt, finden wir bei *Lysimachia thyrsiflora* L. im Mark- und Rindenparenchym. Ersteres ist zwar bedeutend grösser als bei *Glaux* ausgebildet, letzteres dagegen viel kleiner. Übereinstimmend zwischen beiden ist auch die Verdickung der Epidermis nach innen, und sogar die Hypodermis ist bei *Lysimachia thyrsiflora* L. noch nach innen verdickt. Aber man muss bedenken, dass *L. thyrsiflora* L. eine Sumpfpflanze ist, dass hier also ganz andere Ursachen bei der Entstehung der Luftgänge als bei unserer *Glaux maritima* L. mitgewirkt haben.

1) l. c. p. 202.

2) l. c. Tab. VIII. fig. 2.

Rückblick.

Vergleicht man sowol die Anatomie der untersuchten Halophyten untereinander als auch mit derjenigen verwandter Arten, so fällt hauptsächlich als besondere Eigentümlichkeit derselben zunächst

1. ein Saftgewebe in Gestalt von stark entwickelten Rindenparenchym
- auf. Ferner aber ist allen eigentümlich:
2. Die stets vorhandene Gefässbündelscheide, die als Stärkescheide fungiert und
 3. das seltene Vorhandensein von Stärke in den Chlorophyllkörnern.

Es ist bekannt, dass sich die organischen Säuren vorzugsweise in dem Parenchym der Pflanzen finden, und ferner wissen wir durch die Analysen der Halophyten, dass in ihrem Zellsaft viel Chlornatrium gelöst ist, so dass es z. B. aus dem eintrocknenden Saft wieder auskrystallisiert. Wenn nun dieses in reichlicher Menge vorhanden ist, so tauscht es in Wechselersetzung organische Säuren ein, und es entstehen in den Parenchymzellen organisch-saure Natronsalze¹⁾. Nun hat aber H. De Vries²⁾ gezeigt: „Die osmotisch wirksamen Stoffe, welche in der Pflanzenzelle die Turgorkraft bedingen, sind vorwiegend die Pflanzensäuren. Sie üben diese Funktion teils im freien Zustande teils als saure oder neutrale Salze aus. Mineralstoffe beteiligen sich nur in untergeordneter Weise“. Wenn dies letztere wahrscheinlich auch nicht in der von de Vries ausgesprochenen beinahe vollständigen Negierung geschieht, besonders bei unseren Salzpflanzen, wo wir neben jener zersetzenden Wirkung des Kochsalzes mindestens auch eine starke, hygroskopische Wirkung desselben voraussetzen müssen, so sind ausserdem bei den Halophyten viel organische Salze und wohl auch freie Säure vorhanden, wie die meist saure Reaktion des Zellsaftes beweist. In Folge dessen entsteht ein grosser Turgor in den Zellen und eine sehr grosse Gewebespannung, die bei einigen z. B. *Glaux maritima* L., *Aster Tripolium* L. vermutlich dahin führt, dass der Zusammenhang der Zellen gelöst wird, und sich grosse Gänge bilden. Aus diesem Turgor ist auch wahrscheinlich die Vergrösserung und Vermehrung des Rindengewebes und die Succulenz zu erklären. Wie aus Batalins Culturversuchen hervorgeht, war es bei *Salicornia* im wesentlichen nicht eine Vermehrung des Parenchyms sondern eine Vergrösserung der einzelnen Parenchymzellen und zwar um das 5fache ihrer früheren Ausdehnung.

1) cf. A. Meyer: Lehrbuch der Agriculturchemie. Heidelberg 1886. I. p. 271.

2) H. De Vries: Über die Bedeutung der Pflanzensäuren für den Turgor der Zelle. Bot. Ztg. 1879. p. 852.

Es ist ferner durch die Untersuchung von Nobbe¹⁾ bekannt, „dass das Chlor einen direkten Anteil an der Verflüssigung oder Verbreitung des Stärkemehls habe“, oder, wenn man hieraus weiter schliesst, dass bei reichlichem Vorhandensein des Chlors die Umsetzung und Leitung der Stärke leicht und schnell vor sich gehen muss. Nun hat auch W. Detmer²⁾ gefunden: „Die Rolle, welche die Chloride in der Pflanze spielen, kann aber darin gesucht werden, dass sie unter Bildung von Salzsäure eine Zersetzung erfahren, und dass diese Salzsäure ihrerseits den Verlauf des Processes der Stärkeumbildung beschleunigend beeinflusst“. Lassen wir dies gelten, so können wir vielleicht eine Erklärung dafür finden, weshalb man so selten in den Chlorophyllkörnern Stärke findet. Man kann sie erst nachweisen, wenn die Assimilation die Umbildung der Stärke übertrifft. Jedenfalls wird, wenn man an die Theorie von A. F. W. Schimper³⁾ denkt, die Bildung von Stärke aus der Glycose bei den Halophyten durch irgend einen Stoff — wahrscheinlich also Salzsäure — zumeist verhindert. Erst in der Stärkescheide findet eine Ablagerung der Stärke statt.

Das Auftreten grösserer Mengen von Stärke in dem Rindenparenchym gewisser Wurzeln von *Glaux maritima* L. ist wol dadurch zu erklären, dass in denselben die von der Wurzel aufgenommenen Salze des Bodens vorherrschen und nicht genug organische Salze vorhanden sind, um eine Umsetzung der Chloride und Verflüssigung der Stärke zu bewirken.

Alles dieses ist die Anpassung der Strandpflanzen an den chemischen Einfluss des Standortes; gegen den physikalischen sind sie gesichert: durch Ausbildung eines ausgedehnten Wurzelsystems gegen den Einfluss des losen Sandes, durch die Entwicklung einer starken Cuticula und einer verdickten Epidermis gegen die Sonnenstrahlung. *Aster Tripolium* L. hat diesen Schutz nicht nötig, da sie an feuchten Stellen wächst. Wir finden bei ihr deshalb auch die Epidermiszellen unverdickt und die Cuticula schwach.

Wir haben gesehen, dass das Kochsalz bei unseren Pflanzen wesentlich eine Veränderung des Rindenparenchyms des Stengels herbeigeführt hat, dass das Gefässbündelsystem gegenüber verwandten Arten unverändert sich zeigt. Es ist also das Gefässbündelsystem dasjenige, was von der Mutterpflanze das ererbte, constante ist, während das Rindenparenchym dagegen sich unter dem Einfluss des salzigen Standortes verändert. Auch die Culturversuche haben gezeigt, dass fast nur das Parenchym seine anatomische Gestalt gewechselt hat.

Wir haben bei den von uns untersuchten Halophyten dreierlei Typen gefunden:

1) Das Rindenparenchym ist aus runden Zellen gebildet, zwischen denen kleine drei- oder mehrseitige Intercellullarräume sich befinden. Das Chlorophyll

1) Nobbe: Über die physiologischen Funktionen des Chlors in der Pflanze. Landwirthsch. Versuchsst. VII. 1865. p. 371—86 u. a. a. o.

2) W. Detmer: Über den Einfluss verschiedener Substanzen auf Pflanzenzellen und Fermente der Pflanzen. Landwirthsch. Jahrb. X. 1881. p. 763.

3) A. F. W. Schimper: Über Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Bot. Ztg. 1885.

ist entweder in Parenchym zerstreut, oder es ist auf eine besondere äussere Zone der Rinde beschränkt: *Honkenya peploides* Ehrh., *Cakile maritima* Scop.

2) Das Rindenparenchym besteht aus runden Zellen, zwischen welchen sich grosse, fast regelmässige Luftgänge befinden: *Aster Tripolium* L., *Glaux maritima* L.

3) Das Rindenparenchym besitzt eine der Anatomie eines Blattes ähnliche Structur. Das Chlorophyll ist gewöhnlich nur in Pallisadenzellen enthalten: *Salsola Kali* L., *Salicornia herbacea* L.

Culturversuche mit Salzpflanzen.

Um Salzpflanzen ohne Chlornatrium zu cultivieren, setzte ich mir zunächst eine Chlor- und Natrium-freie Nährlösung folgendermassen zusammen:

4 gr Calciumnitrat, 1 gr Kaliumnitrat, 1 gr kryst. Magnesiumsulfat, 1 gr Monokaliumphosphat, 3 Tropfen Eisennitrat, 3500 ccm. aq. dest., so dass also Lösungen mit 0,2 % Nährstoff den Nährstoff der Pflanzen dargeboten wurden. Zu bemerken ist bei der Darstellung dieser Lösung, dass man die einzelnen gelösten Stoffe nicht concentrirt zusammenfügen darf sondern nur ganz verdünnt, weil sonst ein Niederschlag entsteht. Sollte Chlornatrium in der Lösung enthalten sein, so wurden noch 2 gr NaCl zugefügt und der Lösung eine entsprechende Menge destillirten Wassers zugetan. Den Pflanzen wurden reichliche Mengen dieser Nährlösung gegeben. Auf diese Weise allein kann man den Pflanzen das Chlornatrium so viel wie möglich entziehen. Einer gleichen Nährlösung wie obige haben sich schon Knop und Weigelt¹⁾ bei ihren Culturversuchen bedient.

Die Salzpflanzen lassen sich jedoch in solchen Nährlösungen nur äusserst schwer cultivieren. Ich hatte zunächst Exemplare frisch vom Strande in diese Nährlösung gesetzt, aber sämmtliche starben ab, mit Ausnahme von ein Paar Knospen von *Glaux maritima* L. mit den oben erwähnten weissen Speicherwurzeln. Dieselben überwinterten in Nährlösung und wuchsen im nächsten Sommer weiter, wenn auch sehr spärlich. — Andere Versuche, Salzpflanzen aus ihren Samen zu ziehen, misslangen ebenfalls. Zunächst war schon die Keimung im Keimapparat bei den meisten sehr schwierig. Bei *Honkenya* und *Cakile* gelang sie nur, wenn man die Samenschale anschnitt. Fast nie keimte *Glaux* aus seinen kleinen dreikantigen Samen. Sehr leicht dagegen brachen *Salsola* und *Aster* auf. Die beiden letzteren hielten sich anfänglich in Nährlösung ganz gut, gingen dann aber ein.

Von jenen 3 Exemplaren von *Glaux*, die überwintert hatten, setzte ich 2 in Chlornatrium-freie Nährlösung, eine in Kochsalz-haltige, wie schon bemerkt, beide in gleichen Concentrationen der Pflanze angeboten. Die Pflanzen waren nur äusserst langsam gewachsen und spärlich gediehen. Ende Juli schnitt ich die Exemplare ab und verglich beide Culturen. Es zeigte sich aber den-

1) l. c. Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. z. Leipzig. Math.-phys. Kl. XXI. 1869.

noch dabei der mächtige Einfluss des Chlornatriums auf das Rindenparenchym. Die salzhaltige Pflanze war etwas dicker, als die anderen, und die anatomische Untersuchung ergab, dass bei den salzfreien Pflanzen die für *Glaux* so charakteristischen Luftgänge des Rindenparenchyms sich nicht ausgebildet hatten (Fig. 8), dass bei diesen nur ein sehr lockeres Rindenparenchym von runden Zellen mit grösseren Intercellularräumen vorhanden war, während bei der salzhaltigen Pflanze jene grossen Lufträume sich vollkommen vorfanden. Es zeigt sich somit, dass das Chlornatrium einen wesentlichen Einfluss auf das Rindenparenchym ausgeübt hat. Zu weiteren Vergleichen und Beobachtungen über das Verhältnis der anderen Gewebe, das Verhalten der Stärke u. s. w. eigneten sich die erhaltenen Exemplare leider nicht. Die Resultate aber, welche wir durch vergleichende Anatomie gewonnen haben, sind somit durch das Experiment auf das beste bestätigt worden.

Es erübrigt mir noch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Ferdinand Cohn in Breslau für die stetige, freundliche Unterstützung und tätige Förderung dieser Arbeit und meiner Studien überhaupt meinen ehrerbietigen Dank auszusprechen.



Erklärung der Figuren.

Allgemeine Bezeichnungen: b = Bast, c = Cuticula, cb = Cambium, end = Endodermis, ep = Epidermis, g = Gefäße, hp = Hypodermis, m = Mark, rp = Rindenparenchym, pc = Pericambium.

Fig. 1. *Honkenya peploides* Ehrh. Querschnitt durch den Stamm. Vergr. 27. ph = Phellogenschicht.

Fig. 2. *Salsola Kali* L. Querschnitt des Rindenparenchyms. Vergr. 60. a = Atemhöhle. coll = Collenchymgewebe. collr = Collenchymrippen. p = Pallisadenzellen. st = Stärke-haltige Zellen. sp = Spaltöffnung.

Fig. 3. *Aster Tripolium* L. Querschnitt durch den Stengel. Vergr. 57. am = äusseres Mark. im = inneres Mark. lg = Luftgänge. hb = Hartbast. pphl = Protophloem. sh = secundäres Holz. px = Protoxylem.

Fig. 4—9. *Glaux maritima* L.

Fig. 4. Querschnitt des Stengels. Vergr. 60. sk = Sklerenchymring.

Fig. 5. Querschnitt durch eine Faserwurzel. Vergr. 220.

Fig. 6. Querschnitt durch eine Faserwurzel mit Pilzhyphen (phph). Vergr. 287.

Fig. 7. Querschnitt durch eine Wurzel mit Reservestoffen (Stärke). Vergr. 67.

Fig. 8. Querschnitt durch eine ältere Wurzel der vorigen Art. Vergr. 120. irp = innerstes Rindenparenchym.

Fig. 9. Querschnitt durch einen in Chlornatrium-freier Nährlösung gewachsenen Stengel. Vergr. 60.

Sämtliche Figuren sind nach Präparaten mit dem Zeichenprisma gefertigt.

Fig. 1.

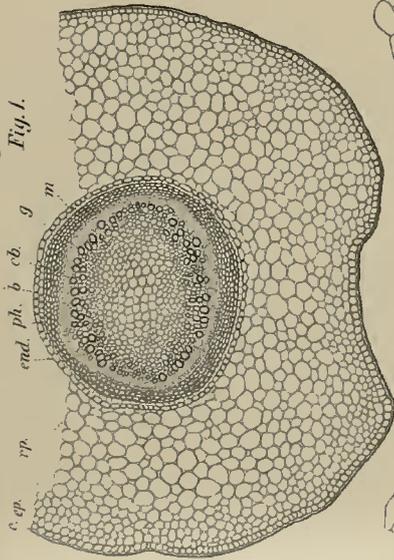


Fig. 2.

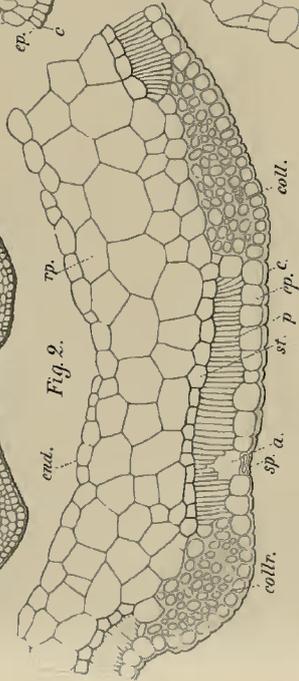


Fig. 3.

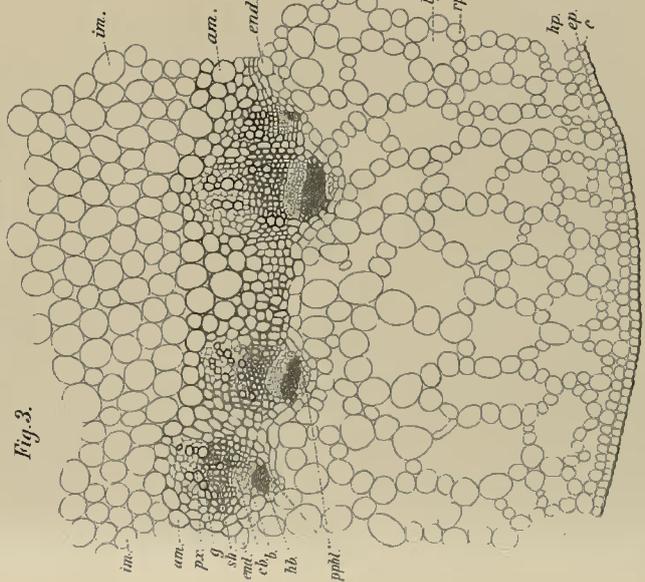


Fig. 4.

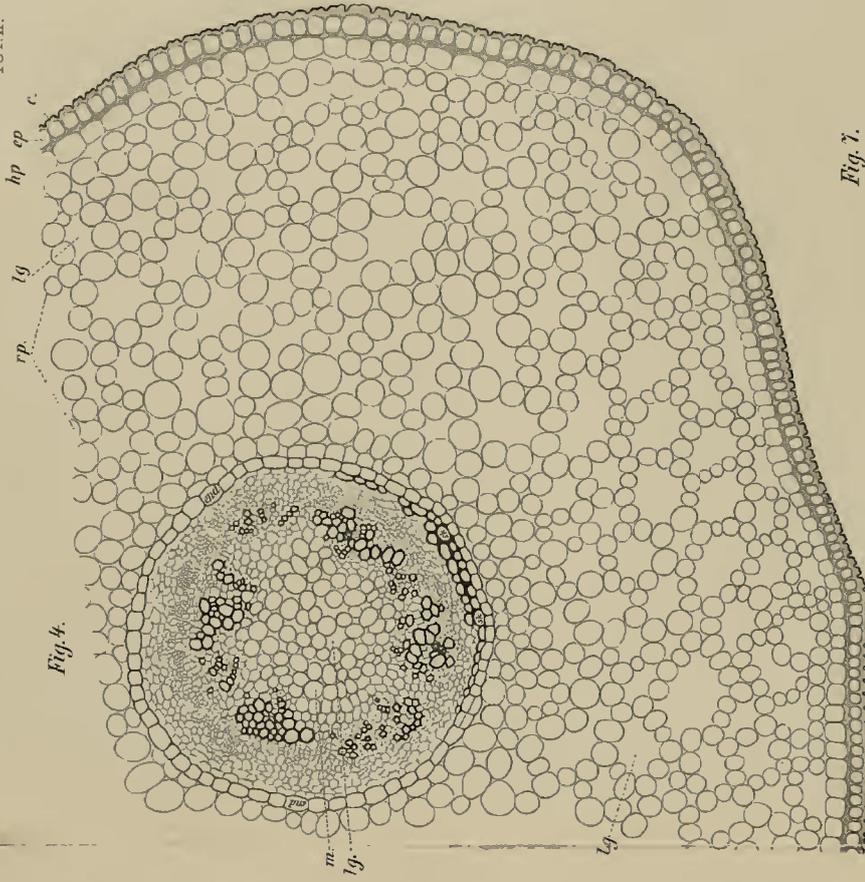


Fig. 5.

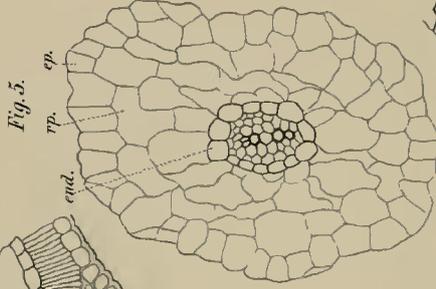


Fig. 6.

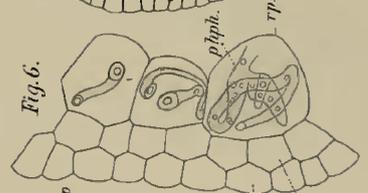


Fig. 7.

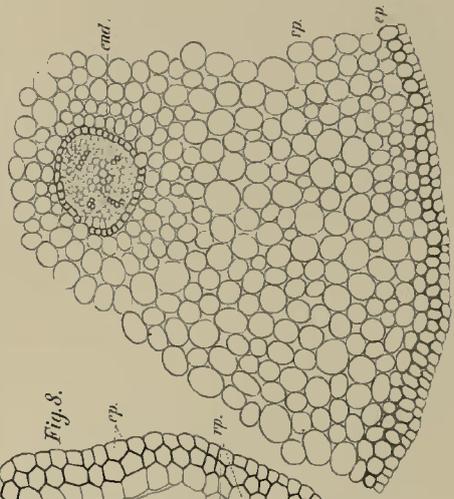
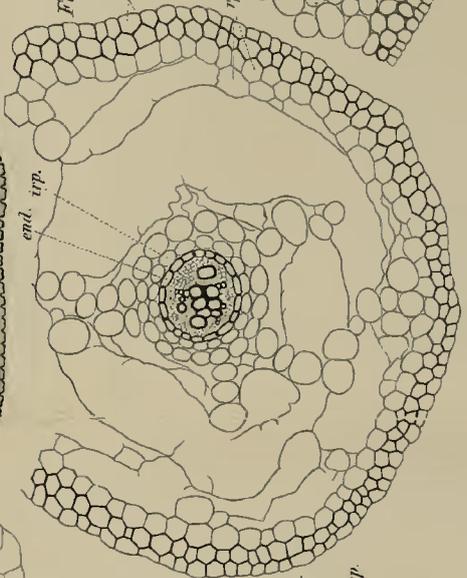


Fig. 8.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [NF_7_1](#)

Autor(en)/Author(s): Brick C.

Artikel/Article: [Beiträge zur Biologie und vergleichenden Anatomie der baltischen Strandpflanzen 108-156](#)