©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Biochemische Pflanzenökologie

Von Univ.-Prof. Dr. Helmut K i n z e l, Wien

Vortrag, gehalten am 3. Mai 1972

Die Ökologie ist die Wissenschaft von den Beziehungen der Organismen zu ihrer Umwelt. Wir schöpfen dabei unsere Kenntnisse einerseits aus der Beobachtung natürlicher Verhältnisse, anderseits aus den Ergebnissen von Experimenten. In beiden Verhältnissen gilt es, Systeme von Ursachen und Wirkungen zu analysieren. Wenn das konkrete Problem zum Beispiel heißt: „Warum gedeiht eine Pflanze auf einem Standort gut, auf einem anderen schlechter?", dann muß die nächste Frage lauten: „Welche spezifischen Eigenschaften der betreffenden Standorte und welche spezifische physiologische Konstitution der betreffenden Pflanzenart sind an dieser Kausalbeziehung beteiligt?". Nun gibt es zur Kennzeichnung eines Standortes schon recht gute Möglichkeiten: Man kann die Klimafaktoren und die Eigenschaften des Bodens mit gängigen Methoden bestimmen. Was heißt aber „spezifische physiologische Konstitution einer Pflanzenart"?

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wenn man ein Lehrbuch der Botanik aufschlägt, dann findet man im morphologisch-systematischen Teil zunächst Grundsätzliches über den Aufbau der Pflanzen und dann wird gezeigt, welche charakteristischen Unterschiede in den Bauplänen die Grundlage für die Differenzierung des Pflanzenreiches in Familien, Gattungen und Arten bilden. Wenn man dann den physiologischen Teil des gleichen Lehrbuches aufschlägt, dann könnte der Eindruck entstehen, daß nahezu alle höheren Pflanzen (wenn man von wenigen Spezialisten, wie z. B. Parasiten und dgl. absieht) das gleiche machen: alle zeigen Photosynthese, Atmung, Ionenaufnahme, Wasserbewegung. Hier wird aber mit zwei verschiedenen Maßstäben gemessen. Wollte man den morphologischen Bereich mit den gleichen Maßstäben messen wie den physiologischen, dann müßte man sagen, daß auch in morphologischer Hinsicht alle höheren Pflanzen gleich sind: alle sind ja aus den Grundorganen Wurzel, Stamm und Blatt aufgebaut. Darauf wird der Morphologe entgegnen: es kommt aber auf die von Fall zu Fall verschiedene quantitative Entwicklung und spezifische Ausprägung dieser Grundorgane an. Dasselbe muß aber auch für den physiologischen Bereich gelten. Auch hier gibt es, wie weiter unten darzulegen sein wird, zwischen verschiedenen Gattungen und Familien charakteristische Differenzen in der Ausprägung der bekannten Stoffwechsel-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

vorgänge. Der Unterschied zum morphologischen Bereich besteht nur darin, daß man dort die Merkmale oft schon mit freiem Auge, in den meisten anderen Fällen mit Lupe oder Mikroskop direkt beobachten kann, während in der Physiologie die entsprechenden Resultate nur mit Hilfe von komplizierten und zeitraubenden chemisch-analytischen Methoden zu erhalten sind. Wenn man aber mit solchen Methoden wirklich danach sucht, kann man auf physiologischem Gebiet alles finden, was es auf morphologischem Gebiet auch gibt: Gemeinsamkeiten zwischen den Vertretern einer höheren systematischen Einheit, also etwa einer Familie, und innerhalb dieser Gemeinsamkeiten wieder charakteristische Unterschiede zwischen den einzelnen Vertretern.

Erste Vorstöße in dieser Richtung gibt es schon seit langem. Sie bezogen sich in älterer Zeit zumeist auf das Vorkommen besonders auffallender sekundärer Pflanzenstoffe. H. Molisch schrieb 1933 sein Buch „Pflanzenchemie und Pflanzenverwandtschaft". Zur Zeit ist eine enzyklopädische Zusammenfassung unseres Wissens auf diesem Gebiet im Erscheinen, die R. Hegnauer seit 1962 unter dem Titel „Chemotaxonomie der Pflanzen" (bisher 5 Bände) herausgibt. Die darin erarbeiteten Merkmale, vor allem also das Vorkommen bzw. Fehlen bestimmter charakteristischer sekundärer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Inhaltstoffe haben sich neuerdings als wichtiges Hilfsmittel in der Hand des Systematikers erwiesen. Sie stellen ihm, vor allem im Bereich schwer unterscheidbarer nah verwandter Taxa, zusätzlich zu den morphologischen (die wegen ihrer einfachen Feststellbarkeit sicherlich auch weiterhin das Fundament der Systematik bleiben werden) noch weitere Unterscheidungskriterien zur Verfügung.

Will man anderseits ökologische Gegebenheiten kausal analysieren, dann genügt eine Analyse sekundärer Inhaltsstoffe aber nicht mehr. Hier müssen eine Reihe weiterer Stoffwechselbereiche in die Untersuchungen einbezogen werden, so vor allem der Mineralstoffwechsel, aber auch Stickstoff, Kohlehydrate und noch manch anderes. Es muß versucht werden, ein möglichst geschlossenes Bild von dem Merkmalskomplex zu erarbeiten, der weiter oben als „spezifische physiologische Konstitution" einer Pflanzenart bezeichnet wurde. Um hierfür einen prägnanten Ausdruck zu finden, könnte man von den bekannten Termini „Genotypus" und „Phänotypus" ausgehen. Mit dem letzteren Ausdruck bezeichnet man die Summe der sichtbaren Merkmale eines konkreten Individiums. Dabei war zunächst sicher vor allem an morphologische Merkmale, äußerlich sichtbare Farb-Unterschiede und dgl. gedacht. Ebenso berechtigt wäre aber die Verwendung des Begriffes „Phänotypus" auf physiologischem Gebiet. Es wäre dann

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

vorteilhaft, zwei Aspekte des Begriffes „Phänotypus" abzugrenzen, nämlich

1. einen Morpho-Phänotypus oder kürzer „Morphotypus" und
2. einen Physio-Phänotypus oder kürzer „Physiotypus"

Obwohl diese beiden Aspekte im submikroskopischen Bereich ineinander übergehen, so könnten sie doch in weiteren Bereichen der allgemeinen Botanik von Nutzen sein. Jedenfalls bezeichnet der Terminus „Physiotypus" genau das, was oben mit dem umständlichen Ausdruck „spezifische physiologische Konstitution" umschrieben wurde. Diesen „Physiotypus" gilt es nun zunächst experimentell zu charakterisieren. Dann kann man daran gehen, die Auseinandersetzungen einer Pflanzenart mit den ökologischen Faktoren kausal zu fassen. Mit dieser Forschungsrichtung hat sich unter anderen auch eine Arbeitsgruppe am Wiener Pflanzenphysiologischen Institut befaßt, deren bisherige Ergebnisse zunächst auszugsweise referiert werden sollen.

Den experimentellen Ausgangspunkt bildete das Element C a l c i u m, weil bezüglich des Stoffwechsels dieses Elements bereits I l j i n einige interessante physiologische Typen charakterisiert hat (Sammelreferat bei K i n z e l 1963). Abb. 1 zeigt, nach neuen Analysen, einige solcher Typen: so wie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Potentilla arenaria verhalten sich viele Pflanzen: eine gewisse Menge gelöstes Ca, nicht allzu große Mengen NaCl- und essigsäurelösliches Ca, beträchtliche Mengen Calciumoxalat. Anderseits sind markante Gegensätze sichtbar: auf der einen Seite der von Iljin so genannte „calciotrophe" Typ, hier vertreten durch *Anthyllis* (viel gelöstes Ca,

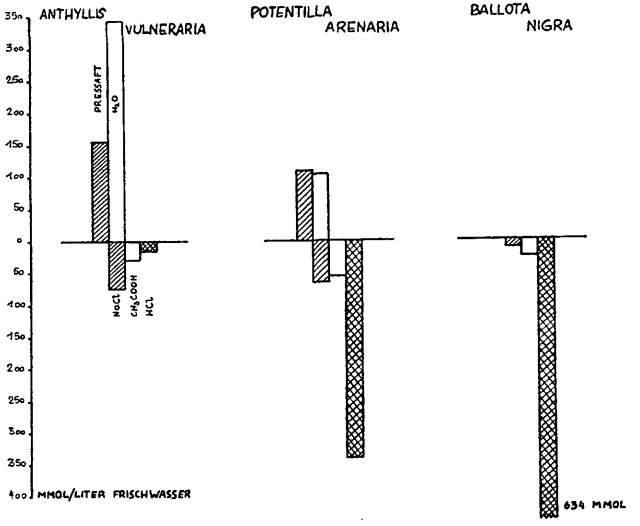

Abb. 1: Calcium-Gehalte in drei typischen Pflanzen. Oberhalb der horizontalen Linie: Wasserlösliche Fraktionen (schraffiert: Preßsaft, offen: Heißwasserextrakt). Unterhalb der horizontalen Linie: Wasserunlösliche Fraktionen (schraffiert: NaCl-Extrakt, offen: Essigsäure-Extrakt, kariert: Salzsäure-Extrakt). (Nach Schmid 1968).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

fast kein Ca-oxalat), auf der anderen Seite der Oxalat-Typ (kein gelöstes Ca, massenhaft Ca-oxalat), hier vertreten durch *Ballota*. O. Horak untersuchte dann die Verteilung dieser Typen im Pflanzenreich. Es ergab sich (Horak 1971, Horak und Kinzel 1972), daß einige Pflanzenfamilien recht einheitlich reagieren (Abb. 2). Bildet man die Quotienten aus den Gehalten an wasserlöslichem Ca zu den Gehalten an K, dann zeigt sich z. B., daß alle untersuchten Crassulaceen mehr gelöstes Ca als K enthalten, also dem „calciotrophen" Typ entsprechen. Bei Cruciferen und Papilionaceen ist der calciotrophe Typ häufig, obwohl hier auch andere Typen vorkommen. Die Cruciferen liegen in ihrer Mehrheit recht einheitlich bei K/Ca-Quotienten zwischen 1 und 10. Die Caryophyllaceen hingegen gehören (ebenso wie die Violaceen) zum Oxalat-Typ. Die hohen Quotienten für das K/Ca-Verhältnis ergeben sich daraus, daß diese Pflanzen in ihren Zellsäften in der Regel gelöstes Oxalat enthalten, wodurch (da Ca-Oxalat sehr schwer löslich ist) der Gehalt an gelöstem Ca äußerst klein wird. Da schon geringfügige Verschiebungen des minimalen Gehaltes an gelöstem Ca den Quotienten K/Ca stark verändern, so sind die Werte für diese Quotienten breiter gestreut. Bei den Caryophyllaceen ergaben nur drei Analysen mehr gelöstes Ca als K. Alle drei beziehen sich auf die Gattung *Gypsophila*, die somit markant aus dem

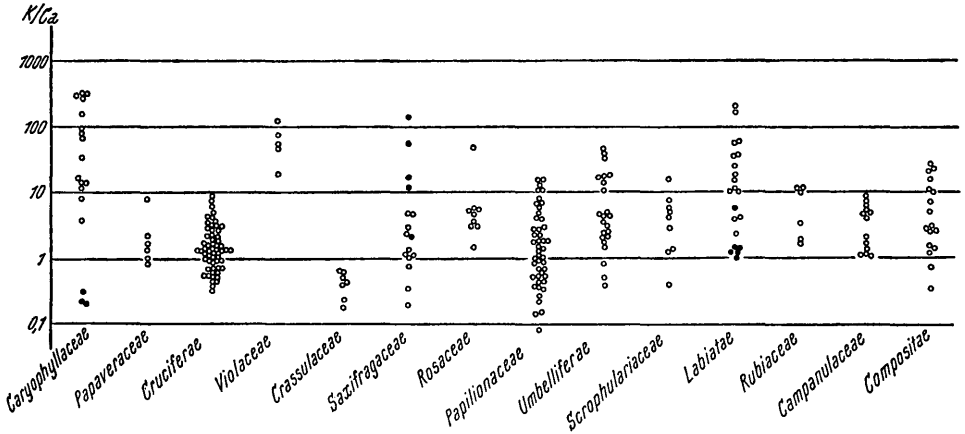

Abb. 2: Molare Quotienten der wasserlöslichen Fraktionen von Kalium und Calcium, geordnet nach Familien. Jeder Punkt entspricht einer analysierten Pflanze. Die schwarz ausgefüllten Punkte beziehen sich auf Gattungen, die aus dem Rahmen der Durchschnittswerte der Familie deutlich herausfallen (bei den Caryophyllaceen: *Gypsophila,* bei den Saxifragaceen: *Ribes,* bei den Labiaten: *Teucrium).* (Aus Horak und Kinzel 1971, mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages, Wien).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Rahmen der Familie herausfällt. Hohe Werte für die K/Ca-Quotienten findet man auch bei den Gramineen und Cyperaceen (in Abb. 1 nicht enthalten). Hier kommen aber diese Werte nicht durch eine Ausfällung des Ca (wie bei den Oxalat-Typen) zustande, sondern durch besonders hohe Gehalte an Kalium (vgl. Horak 1970). Man könnte diese Familien auch als Kalium-Typen bezeichnen.

Betrachtet man die den Kationen gegenüberstehenden Anionen des Zellsaftes, dann bietet die zur Zeit vorliegende Literatur ein recht verschwommenes Bild. Man spricht davon, daß die Ionen organischer Säuren (Äpfelsäure, Citronensäure) neben gewissen Mengen von Chlorid, Nitrat u. a. die Hauptmengen bestreiten. Wir haben uns in letzter Zeit bemüht, diesen Verhältnissen experimentell zu Leibe zu rücken und dabei einige Überraschungen erlebt. Äpfelsäure und Citronensäure sind zwar am weitesten verbreitet, stellen aber keineswegs immer die Hauptmenge. So kann man bei Gymnospermen große Mengen von Shikimi- und Chinasäure (neben wenig Äpfelsäure) finden, bei Papilionaceen tritt zuweilen die Malonsäure, bei Gramineen die Aconitsäure hervor (Nierhaus und Kinzel 1971). Vom Standpunkt des Ökologen sind (wegen der Zusammenhänge mit dem Ca-Stoffwechsel) die Oxalattypen besonders interessant, d. h. also jene Stoffwechseltypen, die nicht nur, wie die meisten Pflanzen, geringe Men-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gen von Ca-Oxalat enthalten, sondern beträchtliche Mengen von gelöstem Oxalat. Unter ihnen sind die bekanntesten diejenigen, die freie Oxalsäure enthalten (Sauerklee, Sauerampfer u. a.). Weniger bekannt, aber nicht weniger interessant sind die Pflanzen, die gelöste neutrale Oxalate enthalten. Dazu gehören neben Violaceen und einigen Labiaten ganz besonders die Pflanzenfamilien, die man in der Reihe in der Centrospermae zusammenzufassen pflegt: die Caryophyllaceen, Chenopodiaceen, Amaranthaceen u. a. Untersucht man die Zusammensetzung dieser Pflanzen, dann fällt auf der Kationenseite auf, daß (infolge der Schwerlöslichkeit des Ca-Oxalates) im Zellsaft so gut wie kein gelöstes Ca vorhanden ist (vgl. auch Abb. 1 und 2). Die Anionenseite ist sehr oft dadurch charakterisiert, daß außer Oxalat kaum Anionen anderer organischer Säuren (nur sehr wenig Malat und Citrat) vorhanden sind, dagegen größere Mengen von anorganischen Anionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat, Phosphat). Abb. 3 zeigt ein Gaschromatogramm der Säurefraktion aus *Chenopodium urbicum*, das den (im Vergleich zu Oxalat) relativ geringen Anteil an Äpfelsäure (Malat) und Citronensäure (Citrat) zeigt. Von den anorganischen Anionen scheint nur das Phosphat im Gaschromatogramm auf. Abb. 4 gibt in einem Kreisdiagramm die Anteile der einzelnen Ionen in der Caryophyllacee *Malachium aquaticum* wieder. Auch hier

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wird die „unübliche" Ionenzusammensetzung der Pflanzen aus diesem Verwandtschaftskreis deutlich: nur ein recht kleiner Anteil (7,5%) des Gesamtgehaltes an Ionen bleibt für die organischen Säuren übrig, die üblicherweise als Hauptbestandteile des Zellsaftes bezeichnet werden. Auf die ökologische Relevanz dieses Sachverhaltes kommen wir später zurück.

Abb. 3: Gas-Chromatogramm der Säure-Fraktion aus *Chenopodium urbicum*. Die Fläche der einzelnen Kurvengipfel entspricht der Menge der betreffenden Komponente. O : Oxalsäure, P : Phosphorsäure, unbezeichneter Gipfel: zugesetzter innerer Standard, AE: Äpfelsäure, W : Weinsäure, C : Citronensäure. (Nach einer Analyse von H. Lew).

Zunächst sei die Frage behandelt, ob die besprochenen Analysen auch tatsächlich einer typischen und konstanten Zusammensetzung der betreffenden Pflanzen entsprechen oder ob diese Zusammensetzung durch äußere Einflüsse mehr oder

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

weniger stark variiert werden kann. Die entsprechenden Untersuchungen haben ergeben, daß es diesbezüglich im Pflanzenreich eine recht große

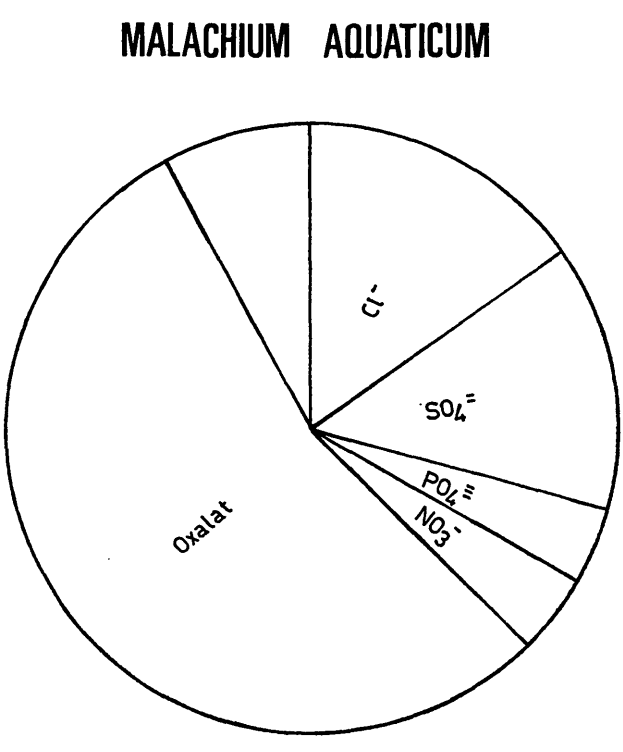

Abb. 4: Anteil der einzelnen Anionen am Gesamtgehalt an Anionen in *Malachium aquaticum*. (Nach Analysen von H. Lew).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vielfalt gibt. Was die „calciotrophen Typen" betrifft, also diejenigen, die große Mengen von gelöstem Ca anhäufen, so wußte schon Iljin (1940), daß sie auch aus calcium-ärmeren Böden intensiv Ca aufnehmen und so ihre typischen inneren Ionenverhältnisse aufrecht erhalten. Horak (1971) hat dies durch neue Versuche belegt. Unter den Salzpflanzen, die mit dem im Boden reichlich vorhandenen Natrium fertig werden müssen, fallen die Gramineen und Cyperaceen durch besondere „Charakterfestigkeit" auf. Sie halten ihren „Kalium-Typus" (siehe oben) auch unter diesen Bedingungen aufrecht (Albert 1971). Auf welche Weise sie das Einströmen größerer Mengen von Natrium verhindern können, ist noch nicht untersucht. Vielleicht ist es bei ihnen ähnlich wie bei den Mangroven, für die Scholander (1968) besondere Fähigkeiten des Wurzelsystems nachgewiesen hat. „Charakterlos" ist unter anderen die Salzaster (*Aster tripolium*), die auf Salzböden viel Na enthält, aber auch auf salzarmen Böden gut gedeiht und dort hauptsächlich Kalium aufnimmt. Die Salzkresse (*Lepidium crassifolium*) hingegen, die auf Salzböden ebenfalls reichlich Na aufnimmt, gedeiht auf salzarmen Böden nur kümmerlich. Sie scheint also das in den Salzböden reichlich vorhandene Natrium nicht nur zu ertragen (wie viele andere Salzpflanzen), sondern sie benötigt für ihren Stoffwechsel zusätzlich zu dem für alle Pflanzen nötigen Kalium

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

offenbar auch noch Natrium. (Zur Problematik des Na-Bedarfes vergleiche auch noch Baumeister 1960).

Wenn man ein gründliches kausales Verständnis ökologischer Erscheinungen anstrebt, dann darf man sich aber natürlich nicht damit begnügen, zufällig im Freiland wachsende Pflanzen zu untersuchen. Es ist vielmehr nötig, die betreffenden Pflanzenarten unter definierten Umweltbedingungen in Kultur zu nehmen. Die technischen Voraussetzungen dazu sind heute gegeben. Man kann Pflanzen in Klimakammern unter programmierten Licht-, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen anziehen, man kann ihnen außerdem noch Nährlösungen von definierter Zusammensetzung zuführen. Durch geeignete Variationen dieser Umweltfaktoren könnte man grundsätzlich für jede Pflanzenart die Optimalbedingungen für ihr Gedeihen herausfinden. Freilich ist dieses Verfahren außerordentlich mühevoll. Obwohl schon vielfache Versuche in dieser Richtung (allerdings zumeist an Kulturpflanzen) durchgeführt worden sind, ist der derzeitige Stand unseres Wissens, vor allem was den Zusammenhang mit ökologischen Erscheinungen betrifft, noch recht unbefriedigend. Außerdem ist bis jetzt ein ganzer wesentlicher Problemkreis nahezu unbearbeitet geblieben: wenn die konkreten Umweltbedingungen von den Optimalbedingungen abweichen, dann gedeiht die betreffende Pflanze weniger gut. Dies stellte man bis jetzt

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zumeist nach äußeren Merkmalen (Wuchshöhe, Aussehen der Blätter und anderes) sowie an Hand der Frisch- oder Trockengewichte fest. All dies kann aber keine Antwort geben auf die naheliegende Frage: warum, d. h. auf Grund welcher stoffwechselphysiologischen Gegebenheiten sind für eine konkrete Pflanzenart diese Umweltbedingungen günstiger als jene? Der experimentelle Ansatz zur Lösung dieses Problems müßte so aussehen: man müßte zunächst feststellen, wie der arttypische Stoffwechsel der betreffenden Pflanze unter Optimalbedingungen verläuft und dann untersuchen, welche Veränderungen dieser Stoffwechseltypus unter dem Einfluß veränderter Umweltbedingungen erleidet. Selbst wenn man nicht alle Bereiche des Stoffwechsels durchuntersucht (was eine undurchführbare Aufgabe wäre), sondern nur, so wie der Arzt in seinen Blut- und Harnanalysen, einige besondere charakteristische Stoffe erfaßt, ist dieses Verfahren immer noch sehr mühevoll. Es ist aber die einzige Möglichkeit, ökologische Fragen in einer echt kausalen Weise zu bearbeiten.

Einige Ansätze in der angedeuteten Richtung sind in der letzten Zeit am Wiener Pflanzenphysiologischen Institut ausgearbeitet worden. Sie betreffen vor allem die Rolle des Elementes Calcium im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel der Oxalsäure. Da die Oxalsäure Calcium ausfällt und Pflanzen, die viel Oxalat produzieren, daher bei der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Analyse kein gelöstes Ca aufweisen, lag der Gedanke nahe, daß diese Pflanzen das Calcium vielleicht überhaupt nicht benötigen. Entsprechende Kulturversuche an *Tradescantia viridis* in Calcium-Mangellösungen ergaben aber, daß diese Pflanze ganz im Gegenteil besonders empfindlich gegen Ca-Mangel ist (Lötsch u. Kinzel 1971). Ähnliches fanden Brumagen und Hiatt (1966) für den ebenfalls Oxalat produzierenden Tabak. In beiden Fällen wurde durch chemische Analysen, die hier nicht im einzelnen besprochen werden können, gezeigt, in welcher Weise der Mineral- und Oxalatstoffwechsel durch die verschiedenen Mangelbedingungen modifiziert wird. Aus diesen Versuchen läßt sich schließen, daß die Ergebnisse der Total-Analysen von Pflanzenteilen in gewisser Hinsicht irreführend sein können. Dabei wird ja Cytoplasma und Zellsaft vermischt. Wenn der Zellsaft nun gelöstes Oxalat enthält, das Cytoplasma aber gelöstes Calcium, so wird beim Vermischen der beiden Zell-Komponenten das Calcium als Oxalat ausgefällt und erscheint im Analysenergebnis nicht in der wasserlöslichen Fraktion. Daher kann aus diesem Ergebnis nicht der Schluß gezogen werden, daß die betreffende Pflanze das Ca kaum benötigen kann. Der oben erwähnte Kulturversuch zeigt ja denn auch, daß oxalatführende Pflanzen sehr wohl einen Bedarf an Calcium haben, und zwar sicherlich zur Aufrechterhaltung optimaler

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

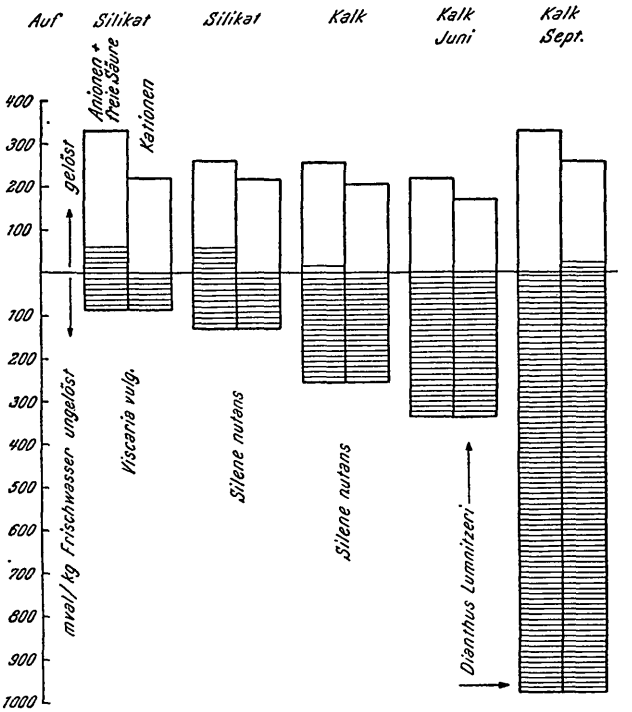

Abb. 5: Calcium und Oxalat in Blättern von Caryophyllaceen, bezogen auf den Frischwassergehalt. Oberhalb der horizontalen Linie: wasserlösliche Anteile; unterhalb: salzsäurelösliche Anteile. Linker Block jeweils Anionen + freie Säure. Rechter Block: Kationen. Schraffiert ist auf der Anionenseite das Oxalat, auf der Kationenseite das Calcium. (Aus Kinzel 1963, mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages, Wien).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ionenverhältnisse des Cytoplasmas. Der Calcium-Bedarf wird dann, wenn Ca ins Minimum kommt, durch den Gehalt an Oxalat sogar besonders dringlich, weil ja dadurch ein Teil des aufgenommenen Ca ausgefällt wird.

Anderseits sind aber oxalatführende Pflanzen möglicherweise auch empfindlich gegen zu reichliche Zufuhr von Calcium. Diese Vermutung ergab sich aus Analysen an Caryophyllaceen (Nelkengewächsen), die auf verschiedenen Böden und zu verschiedenen Jahreszeiten im Freiland geerntet wurden (Abb. 5). Obwohl, wie oben gezeigt wurde, oxalatführende Pflanzen sehr wahrscheinlich eine gewisse Menge gelösten Calciums in ihrem Cytoplasma brauchen, so scheinen sie sich doch am wohlsten zu fühlen, wenn diese Menge nicht allzu groß wird. Jedenfalls „bemühen" sich die Caryophyllaceen, überschüssig aufgenommenes Ca durch gleichzeitige Produktion von Oxalsäure wieder auszufällen. Dies kann z. B. bei der auf extrem trockenen Kalkstandorten wachsenden Federnelke *Dianthus lumnitzeri* zu ganz massiven Anhäufungen von Calcium-oxalat (Abb. 5) führen, wodurch der Spiegel an gelöstem Ca niedrig gehalten wird, wie dies offenbar für die Angehörigen dieser Familie optimal ist. Im letztgenannten Falle erfordert dies allerdings schon eine beträchtliche „physiologische Anstrengung" und es hängt vielleicht mit dieser familienspezifischen Eigenart zusammen, daß es

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

unter den Caryophyllaceen eine ganze Anzahl kalkmeidender Arten gibt (*Viscaria vulgaris, Scleranthus,* einige Arten von *Stellaria, Sagina, Spergula).*

Diese Aussagen sind noch nicht streng bewiesen, aber es gibt doch gewisse Hinweise dafür, daß es nicht nur einen artspezifischen „Physiotypus" gibt, sondern daß, analog zur Morphologie, auch bestimmte physiologische Eigenschaften einer ganzen Familie gemeinsam sein können und daß in der Folge innerhalb dieser Familie eine gewisse Tendenz zu einseitiger ökologischer Reaktion bestehen kann. Ein anderes Beispiel in dieser Hinsicht sind die Chenopodiaceen, die in ökologischer Hinsicht ein recht geschlossenes Bild bieten: sie kommen entweder auf Ruderal- oder auf Salzstandorten vor. Beim Versuch, diese Tatsache kausal zu erfassen, stößt man auf eine bereits erwähnte gemeinsame physiologische Eigenschaft dieser Familie: Ihre Vertreter enthalten in den Zellsäften der Blätter auf der Kationenseite nur Alkali-Ionen und Magnesium, auf der Anionenseite außer Oxalat kaum Anionen anderer organischer Säuren, hingegen viel Chlorid, Sulfat, Nitrat, Phosphat. Der Kontakt mit einer Lösung, die Alkali-Ionen, aber kein Calcium enthält, stellt für viele Pflanzenzellen eine Belastung dar (vgl. Höfler 1939). Halophyten müssen diese Belastung ertragen können. Nun haben, wie erwähnt, bei den Chenopodiaceen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die Zellsäfte der Blätter bereits auf nicht salzigen Böden eine Zusammensetzung, die der Zusammensetzung bei Halophyten sehr nahe kommt. Man kann daher mit gewissen Vorbehalten die Vermutung aussprechen, daß zwischen dieser familienspezifischen Zusammensetzung und der Tatsache, daß es viele halophile Chenopodiaceen gibt, ein Zusammenhang besteht. Die Vorbehalte beziehen sich dabei einerseits darauf, daß zwar der Zellsaft, nicht aber das Cytoplasma frei von gelöstem Ca sein kann (vgl. Lötsch und Kinzel 1971), anderseits darauf, daß es natürlich nicht dasselbe ist, ob die Ca-freie Lösung innerhalb der Zelle, wohl abgeschirmt durch den Tonoplasten, lokalisiert ist, oder ob sie von außen einwirkt. Trotzdem ist aber die Korrelation zwischen familienspezifischer Zusammensetzung und Neigung zur Halophylie so auffallend, daß sich die Vermutung eines Kausalzusammenhanges aufdrängt. Im Falle der Anionen ist der Zusammenhang sogar eher noch deutlicher: sowohl Chlorid und Sulfat, die auf Salzstandorten vorherrschen, als auch Nitrat und Phosphat, durch die die Ruderalstandorte charakterisiert sind, bilden Hauptkomponenten des familienspezifischen Anionenmusters (vgl. Abb. 3 u. 4). So könnte sich für Halophilie und Nitrophilie eine gemeinsame Erklärung finden. Ähnliche Zusammensetzung zeigen auch die verwandten Amaranthaceen, die zumeist Ruderalstandorte besiedeln, sowie die Caryo-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

phyllaceen, bei denen allerdings die Neigung zur Halophilie und Nitrophilie etwas zurücktritt.

Weitere Beispiele für „Physiotypen" mit ökologischer Relevanz gibt es vor allem im Bereich des Problems der Kalk- und Silikatpflanzen sowie im Bereich des CO_2-Stoffwechsels, und zwar einerseits bei der Photosynthese im Zusammenhang mit der sog. „Lichtatmung", anderseits bei der bekannten nächtlichen CO_2-Fixierung der Crassulaceen. Diese Themen können an dieser Stelle nicht ausführlich diskutiert werden, es sei auf die Sammelreferate von Kinzel (1971) und Kluge (1971) hingewiesen. Hier sollte vor allem prinzipiell gezeigt werden, in welcher Weise die gründliche Erforschung der stoffwechselphysiologischen Eigenart (des „Physiotypus") einer taxonomischen Einheit auch deren ökologische Eigenschaften kausal faßbar machen kann.

Literatur

Albert, R., 1971: Vergleichende Untersuchungen über den Mineralstoff-Haushalt der Halophyten des Neusiedlerseegebietes. Dissertation, Universität Wien.

Baumeister, W., 1960: Das Natrium als Pflanzennährstoff. Stuttgart.

Brumagen, D. M., and A. J. Hiatt, 1966: The relationship of oxalic acid to the translocation and utilisation of calcium in *Nicotiana tabacum*. Plant and Soil XXIV, 239—149.

Hegnauer, R., 1962 ff.: Chemotaxonomie der Pflanzen. 5 Bände Basel und Stuttgart.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Höfler, K., 1939: Kappenplasmolyse und Ionenantagonismus. Protoplasma 32, 545—578.

Horak, O., 1971: Vergleichende Untersuchungen zum Mineralstoffwechsel der Pflanze. „Dissertationen der Universität Wien", Band 60, Verlag Notring, Wien.

Horak, O., und H. Kinzel, 1971: Typen des Mineralstoffwechsels bei den höheren Pflanzen. Österr. Bot. Ztschr. 119, 475—495.

Iljin, W. S., 1940: Boden und Pflanze. II. Physiologie und Biochemie der Kalk- und Kieselpflanzen. Abhandl. d. russ. Forschungsgesellschaft in Prag, Bd. 10 (15) 75—116.

Kinzel, H., 1963: Zellsaft-Analysen zum pflanzlichen Calcium- und Säurestoffwechsel und zum Problem der Kalk- und Silikatpflanzen. Protoplasma 57 (Höfler-Festschrift) 522—555.

Kinzel, H., 1971: Biochemische Ökologie — Ergebnisse und Aufgaben. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 84, 381—403.

Kluge, M., 1971: Der CO_2-Austausch der Sukkulenten: Biochemische Grundlagen einer ökologischen Anpassung. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 84, 417—424.

Lötsch, B., und H. Kinzel, 1971: Zum Calciumbedarf von Oxalatpflanzen. Biochem. Physiol. d. Pflanzen 162, 209—219.

Molisch, H., 1933: Pflanzenchemie und Pflanzenverwandtschaft. Jena.

Nierhaus, D., und H. Kinzel, 1971: Vergleichende Untersuchungen über die organischen Säuren in Blättern höherer Pflanzen. Z. Pflanzenphysiol. 64, 107—123.

Schmid, H., 1968: Zellsaftanalysen an Kalkpflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Ca-Salze. Dissertation Wien.

Scholander, P. F., 1968: How mangroves desalinate seawater. Physiol. Plantarum 21, 251—261.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: 112

Autor(en)/Author(s): Kinzel Helmut

Artikel/Article: Biochemische Pflanzenökologie. 77-98