

Beiträge zur Physiologie der Kakteen

1. Orientierende ernährungsphysiologische Versuche.

Von Z o r a K l a s

Einleitung.

Während die Systematik der Kakteen zahlreiche Studien verzeichnen kann, in denen die Morphologie, zum Teile auch die Anatomie und allgemeine Biologie dieser artenreichen Familie besprochen wird, wurde die Physiologie der Kakteen von seiten der Wissenschaftler kaum beachtet. Alles, oder wenigstens den grössten Teil dessen, was wir heute über die Physiologie der Kakteen wissen, ihr Verhältnis zu Licht, Temperatur, verschiedenen Substraten usw., verdanken wir praktischen Kakteenzüchtern, welche ihre Erfahrungen in zahlreichen, ausführlicher und kürzer gefassten Kulturanleitungen oder auch in Publikationen verschiedener Kakteen-Gesellschaften niedergelegt haben.

Nimmt man diese Publikationen aufmerksam durch, so kann einem nicht entgehen, dass in manchen, praktisch bestimmt wichtigen Fragen, wie z. B. der Ernährung, keine Einstimmigkeit besteht. Wir erwähnen bloss die Kalkfrage. Während einige Züchter die Kalkzugabe zur Kakteenerde für unumgänglich notwendig erklären, sind andere dagegen viel zurückhaltender und betonen, dass man ohne diese Beigabe noch bessere Kulturerfolge erzielen kann und machen sogar darauf aufmerksam, dass man infolge zu grosser Kalkbeigaben zur Erde bei einigen Kakteen auch direkte Schädigungen beobachten kann. Ähnlich wie mit Kalk, verhält es sich auch mit Kali. Es schien als ob die Untersuchung der Heimatsstandortverhältnisse der Kakteen und eventuell auch die Aschenanalyse der Pflanzen in diesen und anderen Fragen Klarheit schaffen würde. Doch bevor noch R u p p r e c h t die Resultate seiner Erforschung mexikanischer Kakteenböden veröffentlichte, waren schon zwei Parteien gebildet; eine kämpfte für die in der Kultur zu beobachtende genaue Nachahmung der Heimatsverhältnisse, die andere dagegen für Anpassung an neue Verhältnisse. B o n z. B. ist der Ansicht, dass eine genaue Nachahmung der Heimatsstandortverhältnisse kaum in Betracht kommen kann, da sie praktisch so gut wie unausführbar ist.

Ohne Zweifel ist die Kenntnis der Heimatsstandortverhältnisse der Kakteen sehr wertvoll und es ist zu bedauern dass nicht mehrere solche Untersuchungen durchgeführt sind. Aber selbst wenn mehrere Untersuchungen dieser Art vorliegen möchten, zweifle ich sehr, ob ihre Resultate ein tieferes Eindringen und Lösung der verschiedenen Fragenkomplexe der Kakteenphysiologie, wie z. B. der Ernährung, erlauben möchten. Solche Untersuchungen sind, besonders wenn sie bloss sporadisch und hie und da vorgenommen werden, ihrer Natur nach notwendig deskriptiv. Sie berichten über den vorgefundenen Tatsachenbestand, ohne irgend etwas über das Verhalten der Objekte bei anderen Umständen aussagen zu können. Dies ist die Sache experimenteller Untersuchungen und eben solche, systematisch durchgeführte Versuche sind in der Geschichte der Kakteenforschung eigentümlicherweise kaum zu vermerken. Ob dabei die verhältnismässig schwierige Beschaffung und Kostbarkeit des Untersuchungsmaterials oder irgendwelche andere Ursachen mitgewirkt haben, bleibe dahingestellt. Jedenfalls können wir erst in neuerster Zeit Anfänge in dieser Arbeitsrichtung feststellen. So wurde z. B. versucht die für den Berufszüchter und Liebhaber äusserst heikle Frage der Keimung von Kakteensamen durch Darbietung verschiedener Temperaturen zu lösen.

Die vorliegende Untersuchung, welche nur als vorläufige Mitteilung und Einleitung in die weiteren Untersuchungen über die Physiologie der Kakteen und anderen ebenfalls unerforschten Sukkulanten zu betrachten ist, wurde im physiologischen Laboratorium des Botanischen Institutes in Zagreb durchgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Prof. D. V. Vouk auch an dieser Stelle für sein reges Interesse an diesen Untersuchungen meinen Dank auszusprechen. Bei Aufstellung der ersten Versuche wie auch bei verschiedenen Messungen war mir Fr. M. Chadraba, Laborantin des Institutes, behilflich, wofür ich ihr ebenfalls hier danke.

Wasserkulturmethode und Kakteen.

Trotzdem die von Sachs, Knopp und ihren Nachfolgern ausgearbeitete Methode der Wasserkultur so mannigfache Verwendung gefunden hat und zur Klärung von verschiedenen, hauptsächlich ernährungsphysiologischen Fragen bei unübersehbarer Menge von Pflanzenarten erfolgreich angewandt wurde, findet man in der einschlägigen Literatur eigentümlicherweise bis in die neueste Zeit keine Mitteilung über Wasserkulturversuche mit Sukkulanten, speziell Kakteen. Mag sein, dass im ersten Momente die Idee, Pflanzen, welche grösstenteils einen ausgeprägten xeromorphen Habitus aufweisen, in Nährlösung, also im flüssigen Medium zu kultivieren, etwas absonderlich erscheinen kann. Die Erfahrung lehrte jedoch, dass diese Züchtungsweise keineswegs unmöglich zu durchführen ist.

Im Dezemberheft der Monatschrift der Deutschen Kakteen-gesellschaft in Berlin (1931) berichtet E. Zoller über seine Kultur von *Opuntia monacantha* und *Cereus Silvestrii* in normaler Cronischer Nährlösung. Nicht nur dass sich diese Kakteen in erwähnter Nährlösung normal entwickelten, sie zeigten sogar, wie auch aus den Abbildungen ersichtlich ist, »ein erstaunlich rasches Wachstum, wie es von im Erdboden gewachsenen nie erreicht wird«.

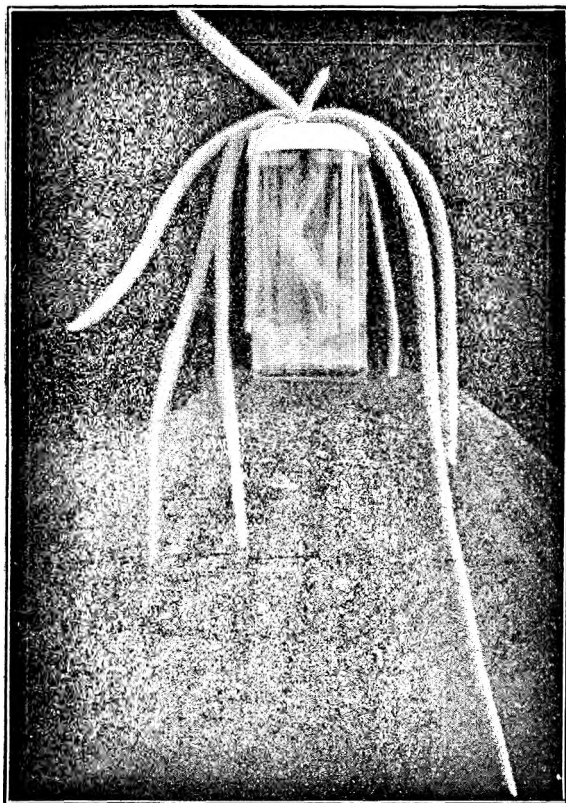


Abb. 1. *Cereus flagelliformis* in Wasserkultur.

Der Zollersche Versuch wurde in unseren Laboratorium wiederholt und zwar vorerst mit *Cereus flagelliformis* und *Mamillaria Wildiana*. Stecklinge, bzw. s. g. Kindel dieser Arten wurden 30 VII 1932 nach vorherigem üblichen, einige Tage dauernden Abliegen (bis die Schnittwunde bzw. die Abbruchstelle eintrocknet) in Kulturgläser nach Vouk, welche mit Cronischer Nährlösung beschickt waren, mittels Korkpropfen befestigt. Wie gewöhnlich, wurden auch diesmal die Kulturgläser — um störende Algenbildung zu vermeiden — mit schwarzem, matten, kartonartigen Papier

verhüllt. Annäherend gleichentwickelte Ableger beider Arten wurden als Kontrolle zur Bewurzelung in reinen Sand eingelegt. Der Versuch wurde im Glashause des Laboratoriums aufgestellt und verblieb hier während der ganzen Versuchsdauer.

Während bei *Mamillaria Wildiana* mit Rücksicht auf die Schnelligkeit der Bewurzelung zwischen den Sand- und Wasserkulturen kein nennenswerter Unterschied zu vermerken war (8 VIII waren beide Kulturen schon bewurzelt), war dies desto mehr der Fall bei *Cereus flagelliformis*. Während die Bewurzelung der

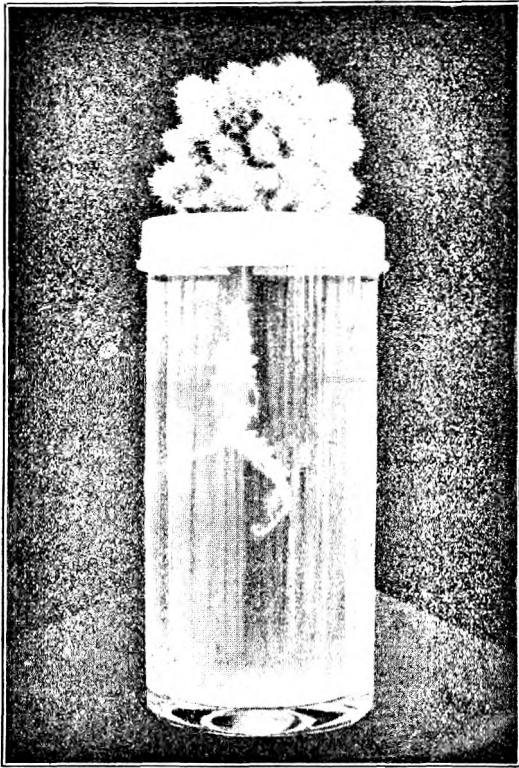


Abb. 2. *Mamillaria Wildiana* in Wasserkultur.

Wasserkulturen nach ungefähr zwei Wochen erfolgte, konnte man die Bewurzelung der Sandkulturen eigentümlicher Weise erst nach insgesamt $2\frac{1}{2}$ Monate feststellen. Was den weiteren Verlauf dieses Vorversuches anbelangt, konnte ich, wie Zoller bei *Opuntia monacantha* und *Cereus Silvestrii*, auch bei *Cereus flagelliformis* und *Mamillaria Wildiana* in Wasserkulturen ein äusserst üppiges und lebhaftes Wachstum beobachten, womit diese Kulturen die gleichartigen Kontrollerdenkulturen bald überholten. Die beiden Photographien (Abb. 1 und 2) zeigen das Aussehen je einer Wasser-

kultur 24 IV 1934, also nach ungefähr 21 Monate. Bei der Aufnahme wurde die Umhüllung der Kulturgläser entfernt, um das ebenfalls reichlich entwickelte Wurzelsystem der Pflanzen zu zeigen.

Im Laufe der Zeit wurde nach gleichem Verfahren noch das Verhalten folgender Kakteen in Wasserkultur geprüft: *Cereus Silvestrii*, *C. grandiflorus*, *C. validus*, *Opuntia microdasys*, *O. monacantha variegata*, *Rhipsalis paradoxa*, *Rh. salicornioides*, *Phyllocactus crenatus*, *Epiphyllum truncatum*, *Mamillaria pusilla*.

Im allgemeinen könnte man sagen dass bei allen diesen Pflanzen in Cronescher Nährlösung die Bewurzelung früher eintrat als bei den gleichzeitig aufgestellten Sandkulturen. Während aber bei *Mamillaria pusilla*, *Cereus Silvestrii* und *Rhipsalis paradoxa* der Unterschied in der Schnelligkeit der Bewurzelung der Sand- und Wasserkulturen nicht so bedeutend war (2—8 Tage), war er bei anderen der erwähnten Pflanzen desto beträchtlicher, am auffälligsten aber bei *Phyllocactus crenatus*. Während die Wasserkulturen nach cca zwei Wochen schon ganz ansehnliche Wurzeln aufwiesen, konnte man die Sandkulturen erst nach $1\frac{1}{2}$, bzw. sogar erst nach zwei Monate in die entsprechende Erdenmischung versetzen.

Was die weitere Entwicklung dieser Kulturen anbelangt, so kann man schon jetzt, obwohl die Versuche erst 12 II 1933 aufgestellt wurden, eine erheblich bessere Entwicklung der Wasserkulturen feststellen. Besonders auffallend gestaltet sich der Unterschied zwischen Wasser- und Erdekulturen bei *Rhipsalis paradoxa*, wie dies auch aus der Abbildung ersichtlich ist. *Mamillaria pusilla* zeigte anfänglich keinen Unterschied zugunsten der Wasserkulturen; im Gegenteil konnte man bei ihr ein ziemlich lästiges Ausscheiden von Salzen, — welches noch näher zu untersuchen ist — beobachten. Jetzt setzt auch bei ihr ein rascheres Wachstum der Wasserkulturen ein.

Bei *Cereus Silvestrii* ist im Gegensatz zu Z o l l e r s Beobachtungen bis jetzt kein besonders üppiges Wachstum der Kulturen zu beobachten. Möglicherweise wäre dies auf den Umstand zurückzuführen, dass diese Versuche im Dezember, also in der winterlichen Ruheperiode, aufgestellt wurden. Auch bei *Cereus flagelliformis* ist der Unterschied zwischen Erde und Wasserkulturen diesmal noch ziemlich gering. *Epiphyllum truncatum* dagegen, wie auch *Phyllocactus crenatus* entwickelten sich in Wasserkulturen sehr günstig und der Unterschied zwischen den Wasser- und Erdekulturen beider Pflanzenarten ist, wenn auch etwas geringer als bei *Rhipsalis*, immerhin sehr bedeutend und auffallend. Die Wasserkulturen dieser Kakteen überholen die gewöhnliche Erdekulturen wie in der Anzahl einzelner Seitensprosse und Glieder, so auch in ihrer Breite und Länge.

Die Vermutung, dass die Entwicklung erwähnter Kakteen deshalb besser in den Wasserkulturen verläuft, weil den Pflanzen schon mit Rücksicht auf die verschiedene Grösse der Kulturgefäße (Vol. der Töpfe cca 100 cm³, Vol. der Gläser $1\frac{3}{4}$ Liter) mehr

Nahrung zur Verfügung steht, war ziemlich naheliegend. Um dies zu prüfen wurde 30 I. 1934 eine Versuchsreihe mit *Epiphyllum truncatum*, *Phyllocactus crenatus* und *Rhipsalis paradoxa* aufgestellt, wobei der Rauminhalt der Kulturgläser demjenigen der Töpfchen entsprach. Schon jetzt, also nach ungefähr dreimonatlicher Versuchsdauer, kann man feststellen dass der Unterschied in der Grösse der Kulturgefässe keineswegs den Unterschied in dem Verhalten der Wasser- und Erdekulturen zu erklären vermag. Trotzdem die gewählten Kulturgläschen wie auch die Töpfchen nur cca 40

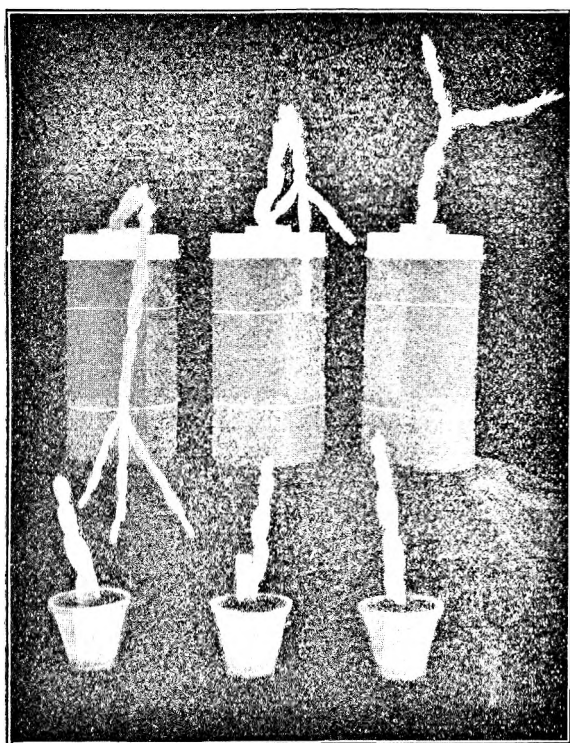


Abb. 3. *Rhipsalis paradoxa*. Gleichaltrige Wasser- und Erdekulturen.

ccm fassten, zeigt sich doch derselbe auffallende Unterschied zugunsten der Wasserkulturen, wie man dies auch aus der Abbildung ersehen kann. Es sei auch darauf hingewiesen, dass diesmal die Versuchspflanzen unter einem geräumigen Glassturze standen und dass auch in den Temperaturen beider Substrate keine nennenswerte Unterschiede zu beobachten waren. Der Unterschied zwischen den Wasser- und Erdekulturen dürfte demnach darauf zurückzuführen sein, dass die Cronese Nährlösung die für die Ernährung der Kakteen wichtige Stoffe entweder in grösserer Menge oder in geeigneterer Zusammensetzung und Konzentration enthält als die

üblich verwendete, verschiedene Kakteenerdböden. Ausserdem wäre es ja auch nicht ausgeschlossen, dass die Reaktion der verwendeten Cronaschen Nährlösung für die besprochenen Kakteenarten günstiger als die der Erde ist. Welchem von diesen Umständen die entscheidende Wirkung zukommt muss eben das weitere Studium der Ernährungsphysiologie der Kakteen zeigen. Durch die Tatsache dass man Kakteen in Nährlösungen züchten kann, ist dieses Studium wesentlich erleichtert.

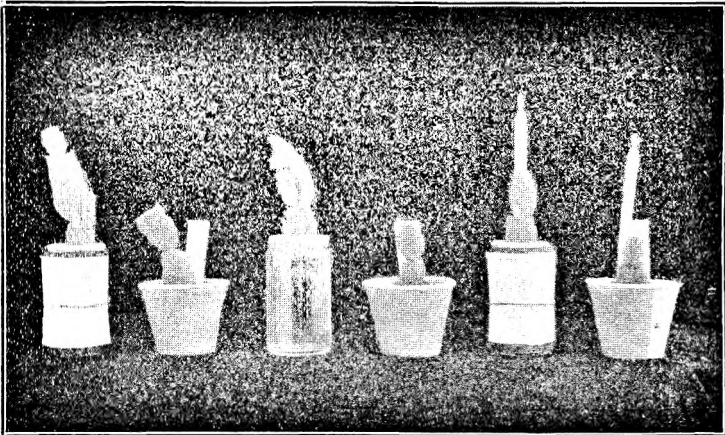


Abb. 4. *Epiphyllum truncatum*. Gleichaltrige Wasser- und Erdekulturen.

Wasserkulturmethode und Praxis der Kakteenzücherei.

Die Resultate seiner Versuche der Züchtung von Kakteen in Nährlösung besprechend, weist Zoller darauf hin, dass unter Beobachtung gewisser Massregeln die Wasserkulturmethode für die Praxis insofern in Betracht kommen könnte, da man mittels dieser Methode viel schneller einen Kaktus grossziehen vermag, was natürlich für den Züchter sehr wertvoll ist. Zoller meint dass »für Züchter die Möglichkeit besteht einen auf diese Weise rasch grossgezogenen Kaktus wiederum in den Boden zu versetzen und dadurch viele Jahre mühsamer Aufzucht zu ersparen. Er wird in Erde ebenso Wurzeln treiben, wie ein gewöhnlicher Ableger, der ja anfänglich keine Wurzeln besitzt. Mittels der in der Flüssigkeit gebildeten Wurzeln ist der Kaktus jedoch nicht befähigt im Erdboden Nahrung aufzunehmen, sondern er muss hierzu eigens neue bilden. Er wird nach anfänglicher Wachstumsstörung, die durch Bildung neuer Wurzeln verursacht wird, in seinem neuen Nährbeet wieder, wenn natürlich langsamer weiterwachsen.«

Es mag manchem etwas verfrüht erscheinen dass Zoller auf Grund dessen dass ihm eine verhältnissmässig schnelle Gross-

züchtung von *Opuntia monacantha* und *Cereus flagelliformis* in Croneschcr Nährlösung gelang, gleich für die allgemeine Verwendung der Wasserkulturmethode in der Praxis eintrat. Ich meine damit nicht dass das Vermögen in Wasserkultur zu gedeihen anderen Kakteen nicht eigen sein könnte, aber ich möchte betonen, dass man dadurch noch nicht berechtigt ist im vorhinein zu erwarten dass auch alle andere Kakteen in Wasserkulturen dasselbe Resultat, welches Zoller erhielt, zeigen müssten. Das Resultat meiner Versuche spricht allerdings dafür dass die Anzahl der Kakteen, welche in Croneschcr Nährlösung ein lebhafteres Wachstum zeigen als in entsprechender Erdenzusammensetzung, nicht so beschränkt ist. Croneschcr Nährlösung hat sich bis jetzt bei folgenden Kakteen bewährt: *Cereus flagelliformis*, *C. grandiflorus*, *C. Silvestrii*, *C. validus*, *Epiphyllum truncatum*, *Mamillaria pusilla*, *M. Wildiana*, *Opuntia microdasys*, *O. monacantha*, *O. m. variegata*, *Peireskia sp.*, *Phyllocactus Ackermanii*, *Ph. crenatus*, *Rhipsalis paradoxa*, *Rh. penduliflora*, *Rh. salicornioides*.

Von diesen kommt *Epiphyllum truncatum* kaum in Betracht, da man ihn in der Praxis fast nie als Eigenwurzler zieht. Aber selbst bei diesen Kakteen, bei denen ein günstiges Ergebnis durch Wasserkulturmethode zu erzielen war und deren Anzahl gegenüber der Menge heute im Handel stehender Kakteenarten noch verschwindend klein ist, möchte ich die Aufmerksamkeit noch auf einen Umstand lenken. Und dies ist die Frage der Blühwilligkeit, welche, wie wir wissen, für den berufsmässigen Züchter, äusserst wichtig ist. Wie verhält es sich nun mit der Blühwilligkeit der in Wasserkultur grossgezogenen Kakteen? Zoller gibt an, dass seine *Opuntia monacantha* eine grosse Blühwilligkeit gezeigt hat. Meinerseits konnte ich bis jetzt eine solche nur bei *Mamillaria Wildiana* beobachten. Von anderen Kakteen blühte mir bis jetzt in Wasserkultur noch keine, selbst nicht der sonst so prächtig entwickelte *Cereus flagelliformis*.

Da es sehr oft vorkommt, dass die Üppigkeit des Wachstums der Sprosse und Blätter auf Kosten der Blühwilligkeit vor sich geht, heisst es zunächst noch abwarten, bis man eindeutige Resultate auch in dieser Beziehung erhält. Fallen diese günstig aus, und bewährt sich die Wasserkulturmethode auch bei anderen, im Handel gesuchten Kakteenarten, so könnte man wohl daran denken, die Wasserkulturmethode in Kakteenzüchtereien einzuführen.

Der praktische Wert dieser Methode möchte dann meiner Ansicht nach hauptsächlich im folgenden bestehen:

- 1) raschere Bewurzelung;
- 2) raschere Vermehrungsmöglichkeit durch grössere Anzahl der sich in Wasserkultur bildenden Seitentriebe und im Einklange mit Zoller:
- 3) die Möglichkeit rascherer Züchtung verkaufsfähiger Pflanzen.

Was die raschere Bewurzelung anbelangt, so möchte ich noch folgendes hervorheben. Gewiss gelingt die Bewurzelung der Ableger vieler Arten auch in reinem, ausgewaschenen Sand ohne weiteres, wenn man auf das genügend fortgeschrittene Eintrocknen der Schnitt- bzw. Abbruchflächen achtet, wie dies auch in manchen Anleitungen zur Kakteenzüchterei betont wird. Diese Eintrocknung geht bei einigen Arten rascher, bei anderen langsamer vor sich. Werden aber ungenügend eingetrocknete Stecklinge zur Bewurzelung in Sandschalen gegeben, so melden sich rasch unangenehme Fäulniserscheinungen, gegen welche man mit erneuertem Verkürzen der Stecklinge, wiederholtem Austrocknen und Verwendung des Holzkohlepulvers ankämpfen muss. In Cronescher Nährlösung könnte ich im Gegenteil bei sonst gesunden Stecklingen nie irgendwelche Fäulniserscheinungen beobachten, selbst dann nicht, wenn ich Stecklinge verwendete, welche ich bloss 24—48 Stunden abliegen liess. Dieser Umstand dürfte in der Praxis besonders bei den Phyllokakteen wichtig sein. Bei *Rhypsalis salicornioides*, der zwar keine ausgesprochene Handelspflanze ist, misslingten die Bewurzelungsversuche im Sande auch trotz Anwendung von Holzkohlepulver. In Cronescher Nährlösung war an denselben Stecklingen immerhalb zwei Wochen tadellose Bewurzelung zu verzeichnen.

Was den unter 2) erwähnten Vorteil der Wasserkulturmethode betrifft, so möchte ich darauf aufmerksam machen, dass man — falls ein genügend warmes und helles Glashaus zur Verfügung steht, bei Wasserkulturen auch im Winter normal entwickelte Seitensprosse erhalten kann, welche man noch im Winter, oder auch im Frühjahr zur Bewurzelung und Bildung neuer Pflanzen verwenden kann.

Anschliessend daran dürften einige Beobachtungen über das Verhalten der aus Nährlösung in Erde und umgekehrt verpflanzten Kakteen von Interesse sein. Vorerst sei betont, dass ich die Beobachtung Z o l l e r s, dass die Kakteen in Nährlösung keine Wurzelhaare ausbilden, nicht bestätigen kann. Ob zwischen den in Nährlösung und den in Erde gebildeten Wurzeln der Kakteen irgendwelche andere Unterschiede bestehen, sollen später durchzuführende anatomische Untersuchungen zeigen. Doch eine Bildung von Wurzelhaaren konnte ich bei jeder der geprüften Kakteen feststellen. Bei erst bewurzelten Ableger von *Opuntia microdasys*, *Peireskia*, *Rhypsalis* u. a. erkennt man sie mit blossem Auge, und bei älteren Wasserkulturen braucht man bloss eine Partie der Wurzeln in einem Tropfen Flüssigkeit auf dem Objektträger gegen einen dunklen Hintergrund halten um mit der Lupe die zahlreichen Wurzelhaare unterscheiden zu können. Auch Z o l l e r s Behauptung, dass sich bei den Wasserkulturen keine Seitenwurzeln entwickeln, kann ich auf Grund meiner Beobachtungen nicht bestimmen. Obwohl sich die Wurzeln der Wasserkulturen tatsächlich mehr in die Länge entwickeln als diejenigen der Erdekulturen, kann man doch die

Seitenwurzelbildung sehr häufig und nicht nur ausnahmsweise feststellen.

Die Beobachtung, dass makroskopisch zwischen den in Erde und denen in Nährlösung gebildeten Wurzeln kein besonderer Unterschied besteht, regte mich zu dem Versuche der Umpflanzung einiger in Nährlösung gezogener Kakteen in Erde und umgekehrt an. Als Versuchsobjekt diente mir *Cereus validus* und *Mamillaria pusilla*. Die Umsetzung wurde natürlich besonders sorgfältig vorgenommen. Es sei erwähnt, dass man die Wurzeln der in Erde erwachsenen Pflanzen vorher vorsichtig mit Leitungswasser von der anhaftenden Erde befreit hat und erst dann wurden die Pflanzen in Kulturgläser, welche mit Cronescher Nährlösung beschickt waren, eingesetzt. Weder bei den aus Nährlösung in Erde, noch bei den aus Erde in Nährlösung übersetzten Pflanzen waren irgendwelche Anzeichen einer Schädigung durch die Verpflanzung zu beobachten. Das Verhalten des Wurzelwerkes der in Erde eingesetzten Pflanzen konnte ich natürlich nicht täglich beobachten, doch auch bei der von Zeit zur Zeit vorgenommenen Untersuchung konnte ich keine Fäulnis oder Eintrocknung der vorhandenen Wurzeln bemerken. Die umgesetzten Pflanzen gediehen und entwickelten sich weiter ganz normal, wurden aber von denen in Nährlösung verbliebenen, ursprünglich gleich grossen Pflanzen, bald überholt. Auch das in Erde gebildete Wurzelwerk der nunmehr in Nährlösung übersetzten Pflanzen zeigte gar keine Degenerationserscheinungen und die Pflanzen überholten mit Rücksicht auf ihre Grösse bald die in Erde verbliebenen Kontrollpflanzen. Ob aber doch infolge der Übersetzung nicht ein gewisser, wenn auch kurz andauernder Wachstumsstillstand eintritt, kann ich weder behaupten, noch bestreiten, da ich tägliche Wachstumsmessungen bei diesen Orientierungsversuchen nicht vorgenommen habe.

Diese Feststellung, dass ein Umsetzen aus Erde in Nährlösung und umgekehrt, keinen schädlichen Einfluss auf die weitere Entwicklung der Kakteen ausübt, wäre, falls sie sich auch bei anderen Arten bewährt, für die praktische Anwendung der Wasserkulturmethode besonders wichtig und wertvoll. Sie möchte nicht nur die Möglichkeit erschliessen, Kakteen in Nährlösung in bedeutend kürzer Zeit grosszuzüchten, welche dann, in Töpfchen mit Erde eingesetzt, ohne weiteres verkauffähig wären, sondern auch die Möglichkeit Kakteen, welche man aus verschiedenen Gründen lieber in Erde erziehen möchte und welche hier unliebsame Wachstumsverzögerungen zeigen, für gewisse Zeit, zur »Erholung« in Wasserkultur zu bringen. Der Umstand, dass die bereits gebildeten Wurzeln bei Übertragung aus heterogenen Substraten nicht verkümmern und auch nicht entfernt werden müssen und dass man folglich nicht erst auf eine Neubildung der Wurzeln zu warten bemüssigt ist, möchte die praktische Anwendung der Wasserkulturmethode ganz wesentlich vereinfachen.

Ausserdem dürfte die Wasserkulturmethode auch bei Amateuren und Kakteenliebhabern Anklang finden. Hat man nicht Verbindungen mit irgendeiner Gärtnerei und Kakteenzüchtereie, so ist die Beschaffung entsprechender Erde für die Kakteenkulturen meistens mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden. Diese möchten bei Anwendung der Wasserkulturmethode selbstredend wegfallen. Was die Kosten der Herstellung entsprechender Nährlösung, z. B. der Cronaschen Nährlösung betrifft, so beläufen sie sich, da die Menge der notwendigen Chemikalien äusserst gering ist, gar nicht hoch. Bloss die Anschaffung von Kulturgläsern und Korkpfropfen dürfte im Anfang mehr Auslagen verursachen. Natürlich müssten wir uns dann auch daran gewöhnen, Kakteen nicht in Töpfchen, sondern eben in Gläsern um sich zu sehen. Ein Ausbau s. g. japanischer Gärtchen wäre natürlich unmöglich, was schliesslich auch vom ästhetischen Standpunkte aus, gar keinen Schaden bedeuten würde.

Was das übrige anbelangt, möchte ich noch auf einiges aufmerksam machen. Zoller empfiehlt eine wenigstens alle 10—20 Tage erfolgende Erneuerung der Nährlösung, wie auch das Aufrühren des sich hauptsächlich von Phosphaten bildenden Niederschlages in der Nährlösung. Trotzdem dass dies natürlich keineswegs schaden kann, konnte ich doch in meinen Versuchen die Notwendigkeit weder des einen noch des anderen Verfahrens beobachten. Selbst in kleineren Gefässen von cca 50 ccm Inhalt kann man die Pflanzen ohne irgendeine Gefahr auch über 3 Monate und in grösseren Gefässen auch über 6 Monate in unausgewechselter Nährlösung halten. Es ist nur darauf zu achten, dass die verflüchtigte Menge von Wasser stets ersetzt wird. Da eine Nachfüllung mit Nährlösung die Konzentration der Nährstoffe erhöhen würde, so ist Nachfüllung mit destilliertem Wasser geboten. Die Korkpfropfen, welche man dem Umfange der Stecklinge angemessen durchbohren und in der Mitte durchschneiden muss sind vor dem Gebrauch auszukochen.

***Cereus validus* und die H-Ionen Konzentration.**

Abgesehen von dem Werte, welchen die Möglichkeit der Züchtung von Kakteen in Nährlösungen in der Praxis des Kakteenzüchtereie an und für sich eventuell, wie wir gesehen haben, haben könnte, ist die Möglichkeit der Anwendung der Wasserkulturmethode für die Erforschung der Ernährungsphysiologie der Kakteen von grösster Bedeutung. Es ist heute wohl nicht mehr notwendig die Vorteile, welche diese Methode bietet, noch besonders zu betonen und auseinanderzusetzen. Selbstredend muss man sich doch auch davon hüten, die Resultate, welche man mittels dieser Methode erhält, ohne weiteres auch zur Richtschnur für die Erden-

kulturen nehmen zu wollen. Das Verhalten von Wasser- und Erdenkulturen kann eben doch Verschiedenheiten aufweisen, welche ihren Grund nicht nur in der Verschiedenheit der Konsistenz beider Substrate haben.

Ernährungsphysiologische Untersuchungen und Versuche verlangen aber vor allem die Möglichkeit der Beschaffung einer genügenden Menge von Versuchsobjekten. Bei anderen Pflanzen, wie z. B. bei den landwirtschaftlichen Pflanzen, welche man in beliebiger Menge ohne grossen Kostenaufwand aussäen kann, und welche ihre Vegetation in einigen Monaten durchmachen und beenden, kann man diese Forderung verhältnismässig leicht erfüllen. Bei Kakteen ist jedoch die Beschaffung der notwendigen Menge von Versuchspflanzen viel schwieriger und man ist bemüssigt sich auf eine bedeutend geringere Anzahl von Versuchsobjekten zu beschränken. Ausserdem geht das Wachstum der Kakteen nur sehr langsam vor sich, was notwendigerweise auch eine lange Dauer etwaiger Ernährungsversuche in sich einschliesst. Liebenswürdigerweise stellte mir Herr Prof. Dr. V. V o u k als Vorstand des Botanischen Gartens das in unserer Kakteensammlung befindliche Material zur Verfügung, womit er mich zu besonderem Danke verpflichtet hat. Wie alle Untersuchungen wurden auch die jetzt zu besprechenden in dem Glashause des Physiologischen Laboratoriums des Botanischen Institutes der Universität in Zagreb durchgeführt, und zwar im Winter und Frühling 1933—34.

Wie in der Einleitung hervorgehoben wurde, ist uns die Ernährungsphysiologie der Kakteen grösstenteils noch ziemlich unbekannt, was, wie begreiflich, auch auf die Praxis von Rückwirkung sein muss und es tatsächlich — wir erinnern bloss an das Kalk- und Kaliproblem — auch ist. Bevor ich jedoch auf das Studium der Bedeutung und Wirkung einzelner Stoffe übergehen sollte, schien es mir von Wichtigkeit, gerade mit Rücksicht auf die Kalkfrage, vorerst das Verhältnis der Kakteen zur H-Ionen Konzentration des Substrates zu prüfen.

Da mir nicht möglich war die Methode der s. g. fliessenden Kulturen anzuwenden, blieben mir nur noch zwei Möglichkeiten der Durchführung dieser orientierenden pH-Versuche. Ich konnte zwischen der Anwendung von mehreren Nährlösungen verschiedener Zusammensetzung und verschiedenem, mehr oder weniger konstantem pH und der Anwendung einer Nährlösung mit beliebig korrigiertem pH-Werte wählen. Trotzdem die Zugabe von Natronlauge bzw. Salzsäure natürlich auch die ursprüngliche Zusammensetzung der Nährlösung verändert, entschloss ich mich doch bei diesen Versuchen das letzterwähnte Verfahren anzuwenden. Als Nährlösung wählte ich die Pirschlesche Nitratnährlösung von folgender Zusammensetzung:

pro 1000 ccm Leitungswasser:

- 0,2 g prim. Kaliphosphat
- 0,1 g Natriumchlorid
- 0,1 g krist. Magnesiumsulfat
- 0,23 g Kaliumnitrat
- 0,41 g Natriumnitrat

1—2 Tropfen Eisenphosphatgemisch nach D u g g a r.

Als Versuchspflanze diente mir in diesem Versuche, da nicht genügend Stecklinge anderer Arten vorhanden waren, *Cereus validus*, im Frühjahr 1932 ausgesät und im Glashause des Botanischen Gartens weiter kultiviert. Ich behandelte diese Pflanzen wie Stecklinge, d. h. nachdem die vorhandenen Wurzeln abgeschnitten wurden, liess ich die Pflanzen cca zwei Wochen abliegen und brachte sie 16 XI 1933 in Kulturgefässe nach V o u k von 1³/₄ L Inhalt, welche mit Nährlösung beschickt waren. Zur Verhütung der Algenbildung wurden die Glasgefässe mit schwarzen Papier verhüllt.

Der Versuch bestand aus 4 Serien mit je 5 Pflanzen pro Serie. Selbstredend trachtete man danach, da es nicht möglich war Versuchsobjekte von vollkommen gleicher Grösse zu beschaffen, dass wenigstens je 4 Pflanzen eine gleiche Grösse aufweisen, so dass die Grösse der mit Nummer 1, 2, 3, 4, 5 bezeichneten Pflanzen der ersten Serie mit der Grösse der entsprechend nummerierten Pflanzen der zweiten, dritten und vierten Serie übereinstimmte.

Die vier Versuchsserien unterschieden sich durch den verschiedenen Säure — bzw. Alkaliszenzgrad der Nährlösung, welcher durch Zugabe von N/1 Salzsäure, bzw. Natronlage erreicht wurde. Ich wählte für Serie I pH 4,5, für Serie II pH 6, für Serie III pH 7 und schliesslich für Serie IV pH 8,5. Die erste Korrektion und Bestimmung, wie auch die anfangs wöchentlich später monatlich vorgenommene Kontrolle der Reaktion der Nährlösung führte ich auf kolorimetrischen Wege mit Hellige-Komparator und den Nitrophenol-Indikatoren durch. Bei Abschluss des Versuches wurde auch die elektrometrische Methode der Bestimmung der H-ionen Konzentration angewandt. Um feststellen zu können, ob eine eventuelle Veränderung der Reaktion der Nährlösung tatsächlich auf die Tätigkeit der Pflanze zurückzuführen ist, wurde von jeder Versuchsserie cca 500 ccm der korrigierten Nährlösung in Glasflaschen aufbewahrt und bei jeder Bestimmung der Reaktion zum Vergleiche herangezogen. Diese Vorsichtsmassregel erwies sich als äusserst wichtig und auch für jede weitere Untersuchung notwendig. Denn es zeigte sich bereits 28 XI dass die Reaktionen der Nährlösung in allen Kulturen verändert sind und zwar im Sinne einer Annäherung zum Neutralpunkt. Es war kaum glaublich, dass diese so früh eintretende Veränderung der H-ionen Konzentration auf die Aktion der Wurzelausscheidungen zurückzuführen wäre, da die Wurzeln ohnehin im allgemeinen noch ziemlich schwach entwickelt waren. Tatsächlich zeigte die Untersuchung der aufbe-

wahrten Reste der Nährlösungen dass diese Veränderungen gar nicht durch die Lebensprozesse der Pflanzen verursacht sind. Die Bestimmung dieser Reste der Nährlösungen ergab dass auch hier eine gleichorientierte Veränderung der H-ionen Konzentration stattgefunden hat. Mit Hellige-Komparator waren nunmehr folgende Reaktionen festzustellen:

Datum der Untersuchung	I Kultur Kontr.	II Kultur Kontr.	III Kultur Kontr.	IV Kultur Kontr.
17 XI	4.5 4.5	6.0 6.0	7.0 7.0	8.5 8.5
28 XI	6.3 6.3	7.1 6.9	7.3 7.3	7.7 7.9

Eine weitere Verschiebung konnte man nur insofern konstatieren als Serie I in Kultur Nährlösung wie auch im Kontrollreste der Nährlösung seit 12 I einen pH-Wert von 6.9 aufwies und die Kontrollflüssigkeit der Serie IV es auch auf pH 7.7 brachte.

Wie erwähnt, wurde bei Abschluss des Versuches die Bestimmung der H-ionen-Konzentration auch auf elektrometrischen Wege durchgeführt. Die Resultate dieser Bestimmung zeigten jedoch eine ziemlich bedeutende Abweichung von den Resultaten der kolorimetrischen Bestimmung. Es ergab sich nämlich für:

Ser. I pH 6.4
 Ser. II pH 7.3
 Ser. III pH 8.3
 Ser. IV pH 8.8,

was natürlich bei Interpretation der Ergebnisse dieses Versuches, besonders bei Serie III, wo der Unterschied am grössten ist, äusserst störend ist. Es ist natürlich schwer zu entscheiden, welche Bestimmung dem tatsächlichen Säure — bzw. Alkalisizenzgrade der Nährlösungen gerecht wird. Da sich jedoch heute von manchen Seiten Stimmen gegen die kolorimetrische Methode erheben, ist man geneigt, den Ergebnissen der elektrometrischen Bestimmung mehr Vertrauen entgegenzubringen. Deshalb beabsichtige ich demnächst diesen Versuch mit mehreren Kakteenarten zu wiederholen und mich dabei durchgehend der elektrometrischen Methode der Bestimmung der H-ionen-Konzentration zu bedienen. Wenn ich trotzdem schon jetzt über diesen ersten pH-Orientierungsversuch referiere, so geschieht dies deshalb weil doch, wie aus dem folgenden zu ersehen ist, ein eindeutiges Ergebnis über die Bedeutung der Reaktion des Substrates für das Gedeihen von *Cereus validus* erreicht werden konnte.

Wie gesagt, wurde der Versuch im Glashause des physiologischen Laboratoriums 16 XI 1933 aufgestellt. Die Bewurzelung

der Pflanzen ging sehr rasch von statten, so dass man bereits 19 XI 1933, also drei Tage nach der Versuchsaufstellung, den Beginn der Wurzelbildung bei allen Versuchsobjekten beobachten konnte. Die eingehende Untersuchung und Messung der Wurzeln am 23 XI 1933 ergab gewisse Unterschiede bei einzelnen Serien mit Rücksicht auf die Farbe, Anzahl und Länge der Wurzeln. In Serie I waren die Wurzeln am besten ausgebildet und von schneeweisser Farbe. In den übrigen Serien und ganz besonders in der Serie IV war die Farbe der Wurzeln mehr oder weniger gelblich. Wie es sich mit der Anzahl und Länge der Wurzeln verhielt, ist aus folgender Tabelle, welche die Durchschnittswerte für jede Serie angibt, ersichtlich:

Serie	I	II	III	IV
Anzahl der Wurzeln (durchsch.)	4.6	3.6	3.0	4.0
Länge der Wurzeln (durchsch.)	1.60 cm	1.54 cm	1.58 cm	0.95 cm

Da eine öftere Messung durch das dabei unvermeidliche Trocknen des Wurzelsystems auf die weitere Entwicklung einen störenden Einfluss haben könnte, wurde die Messung des Wurzelsystems erst 18 IV 1934 wiederholt. Man erhielt für die durchschnittliche Länge der Wurzeln in einzelnen Serien folgende Zahlen:

Serie	I	II	III	IV
Durchschnittliche Länge der Wurzeln in cm	12.03	11.60	8.26	6.26

Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Längenzuwachs der Wurzeln:

in Serie I mit 11.43 cm
 in Serie II mit 10.60 cm
 in Serie III mit 6.68 cm
 in Serie IV mit 5.31 cm

Wie ersichtlich, war in Serie I der grösste, in Serie IV dagegen der kleinste Längenzuwachs der Wurzeln festzustellen.

Obwohl mit Rücksicht auf die verhältnismässig geringe Anzahl der Versuchsobjekte und noch mehr mit Rücksicht auf die

nur mit Reserve anzunehmenden Bestimmungen der pH-Werte der Nährlösungen einzelner Serien eine Entscheidung über den optimalen pH-Wert des Substrates für die Wurzelentwicklung des *Cereus validus* kaum zu treffen ist, scheint es doch zweifellos dass eine stark alkalische Reaktion der Nährlösung die Wurzelbildung dieser Kaktsee keineswegs begünstigt.

Was das Wachstum und die Entwicklung des Stammes anbelangt, so zeigten sie auch hier ähnliche Unterschiede zwischen einzelnen Serien. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Grösse der durchschnittliche Zuwachse der Stämme in einzelnen Serien in mm.

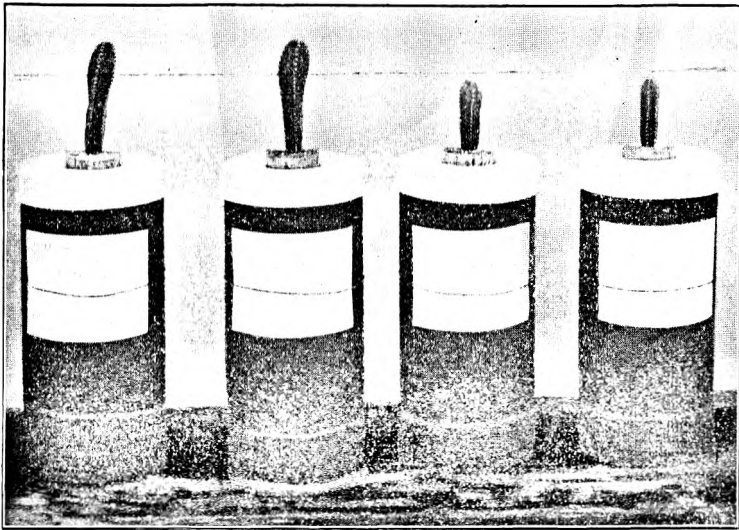
Datum der Messung	12 I	31 I	12 II	2 III	11 IV
Serie I	8.33	6.33	1.00	10.66	29.66
Serie II	9.66	5.66	3.33	10.33	32.00
Serie III	7.66	3.66	3.00	8.00	11.33
Serie IV	8.00	4.66	2.33	8.66	7.00

Mithin betrug der durchschnittliche Gesamtzuwachs der Stämme

in Serie I	55.98 mm
in Serie II	60.98 mm
in Serie III	33.65 mm
in Serie IV	30.65 mm

Wie auf die Wurzeln, so übten auch auf das Wachstum der Säulen die stark alkalischen Nährlösungen der Serie III und besonders der Serie IV keinen günstigen Einfluss aus. Es fällt auf, dass sich die wachstumshemmende Wirkung der stark alkalischen Nährlösung erst nach ungefähr dreimonatlicher Versuchsdauer bemerkbar macht. Zu dieser Zeit konnte man, abgesehen von dem Grössenunterschiede, auch andere Anzeichen einer ungünstigen Wirkung der stark alkalischen Nährlösungen beobachten. Während die Cereen der Serie I und II vom Wurzelhalse bis zum Scheitel eine gesunde, intensive dunkelgrüne Färbung aufwiesen, begann die Färbung der oberen Partien der Säulen des Versuchspflanzen in Serie III und IV allmählich an Intensität nachzulassen. Sie wurde immer blässer und die fast durchsichtigen Scheitel dieser Cereen zeigten schliesslich eine schwache grünlich gelbe Farbe, welche sonst den chlorotischen oder etiolierten Pflanzen eigen ist. Dies war desto mehr bemerkbar,

da die unteren Partien ihre dunkle Farbe fast unverändert erhalten haben. Ganz oben am Scheitel konnte man zwischen den Rippen kleine, etwas gerötete Partien unterscheiden, welche bei zwei Pflanzen der Serie IV zu Ausgangspunkten einer Erkrankung der Scheitel wurden. Die Mitte dieser geröteten Stellen wurde plötzlich bräunlich, die Bräune griff um sich und eine Art von Trockenfäule liess den ganzen Scheitel sich einsenken. Da der Versuch 14 IV 1934 abgeschlossen wurde, konnte man diesen Krankheitsprozess nicht weiter verfolgen.



pH 4,5

6

7

8,5

Abb. 5. *Cereus validus* bei verschiedenen H-ionen Konzentrationen des Substrates nach 5 monatlicher Versuchsdauer.

Der Einfluss der Reaktion des Substrates äusserte sich nicht nur im Längenwachstum der Cereenpflanzen, sondern auch in deren Breite — oder sagen wir — Dickenwachstum. Während *Cereus validus* in Serie I und II in oberen Partien der Säulen an Breite gegenüber den unteren Partien beträchtlich zugenommen hat, blieb der obere Umfang der Cereenstämmen in Serie IV fast dem Umfang der unteren, sich an den Wurzelhals anschliessenden Partien gleich. Man sieht dies auch aus Abbildung 5, noch deutlicher wiedergibt aber diesen Unterschied Abbildung 6.

Selbstredend mussten sich diese Unterschiede auch im Frischgewicht und im Trockensubstanzgewicht der Cereen äussern. Bevor ich aber auf dies eingehe, will ich kurz noch etwas erwähnen. Es interessierte mich zu sehen ob solche in Nährlösungen verschiedener Reaktion bewurzelt und wachse-

den Pflanzen nach Einsetzen in entsprechende, jedoch für alle Pflanzen gleiche Erdenmischung, im weiterem Wachstum die schon vorhandenen Unterschiede ausgleichen oder behalten werden. Trotzdem dadurch die Anzahl der Versuchsobjekte in diesem pH-Vorversuche noch mehr vermindert wurde, entschloss ich mich doch 12 I 1934, je eine Pflanze gleicher Grösse aus jeder Serie herauszunehmen und aus der Nährlösung in Erde zu übersetzen. 12 II 1934, als die Unterschiede zwischen einzelnen Serien noch

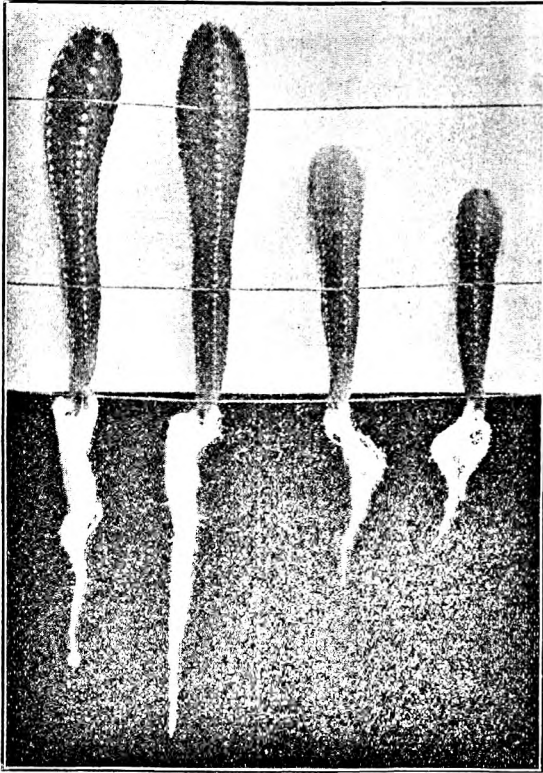


Abb. 6. *Cereus validus* bei verschiedenen H-Ionen Konzentrationen des Substrates. (urspr. p H: 4,5, 6, 7, 8,5)

deutlicher wurden, wiederholte ich dies Verfahren, so dass in dem eigentlichen pH-Versuche nur je 3 Pflanzen pro Serie verblieben.

Wie aus den schon früher unternommenen Versuchen vorauszusehen war, zeigten die in Erde überpflanzten Kakteen kein so lebhaftes Wachstum wie die in Wasserkultur verbliebenen Objekte. Aber während dort die ungünstige Wirkung der stark alkalischen Nährlösungen in Serie III und IV immer stärker zum Ausdruck kam und auch eine Veränderung der Farbe der Säulen zu Folge hatte, wiesen hier alle Pflanzen eine gleiche gesunde, tiefgrüne

Farbe auf, welche derjenigen der Wasserkulturen aus Serie I und II entsprach. Trotzdem waren die Pflanzen nicht im Stande die erste ungünstige Einwirkung der alkalischen Reaktion der Nährlösung vollständig zu überwinden und die Pflanzen aus Serie IV bleiben auch in Erde gegenüber den aus Serie II verpflanzten zurück. Gewiss waren die Unterschiede nicht gross, aber sie waren immerhin vorhanden und äusserten sich auch in dem Trockensubstanzgewicht, wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist.

Überpflanzt aus Serie	I	II	III	IV
Wurzeltrockensubstanz pro 1 Pflanze in g	0.05	0.06	0.05	0.04
Gesamte Trockensubstanz pro 1 Pflanze in g	0.45	0.56	0.40	0.40

Wie sich dagegen das Frisch- und Trockensubstanzgewicht der in Wasserkulturen verbliebenen Cereen verhielt, zeigen folgende Tabellen:

Versuchsreihe	Frischgewicht in g			Gesamt-Frischgew. in g	Durchsch. Frischgew. in g pro 1 Pflanze	Mehrerrtrag in % ausgedrückt
	Pfl. no. 1	Pfl. no. 2	Pfl. no. 3			
I	14.75	21.65	23.70	60.10	20.03	+ 141.9
II	17.40	25.40	26.85	69.65	22.22	+ 180.1
III	7.30	12.25	12.75	32.30	10.76	+ 29.9
IV	7.80	8.30	8.75	24.85	8.28	

Versuchsreihe	Ges. Trock. substanz gew. in g.	Mehrerrtr. d. ges. Trockensubstanz in %	Durchsch. Trockensubstanz gew. pro 1 Pfl. in g.	Ges. Trock. subst. d. Wurzel in g.	Mehrerrtr. d. ges. Trock. subst. d. Wurzel in %	Durchsch. Trockensubstanz gew. d. Wurzel pro 1 Pfl. in g.
I	2.30	+ 90.08	0.76	0.24	+ 140	0.080
II	2.47	+ 104.10	0.82	0.25	+ 150	0.083
III	1.50	+ 23.96	0.50	0.19	+ 90	0.063
IV	1.21		0.40	0.10		0.033

Aus den in Tabellen verzeichneten Ergebnissen wie auch aus den protokollierten Beobachtungen des Verlaufes diesen Versuches, geht zweifellos hervor dass eine stark alkalische Reaktion des Substrates bei *Cereus validus* eine Hemmung der normalen Entwicklung verursacht, und sich ausserdem auch in krankhaften Veränderungen der tiefgrünen Farbe, welche den normalentwickelten Stämmen dieser Kaktee eigen ist, offenbart.

Ein zweiter Versuch mit etwas verändertem ursprünglichen pH-Werte der Nährlösungen, welcher 9 XII 1933 aufgestellt wurde, verläuft ganz im Sinne des ersten Versuches und kann schon jetzt zur Bekräftigung der im ersten Versuche erhaltenen Resultate dienen.

Natürlich bleibt noch manches zu erforschen. So ist vor allem, befor man auf das Studium der Bedeutung einzelner Stoffe für die Ernährung dieser Kaktee eingeht, einwandfrei der optimale pH-Wert des Substrates festzustellen, was bei der sehr ausgeprägten Empfindlichkeit unseren *Cereus validus* gegenüber verschiedener H-ionen Konzentration mit Hilfe anderer Methodik wohl zu erreichen möglich sein wird. Ausserdem sind noch andere Kakteenarten diesbezüglich zu untersuchen, da es sehr wahrscheinlich ist, dass einzelne biologisch und ökologisch verschiedene Typen der Kakteen auch in dieser Hinsicht ein verschiedenes Verhalten aufweisen werden.

Es erheben sie heute zwar manche Stimmen, welche vor der Überschätzung der Bedeutung der H-ionen Konzentration im Leben der Pflanzen warnen, besonders aber die Relativität des s. g. optimalen pH-Wertes hervorheben. Es ist nicht hier die Stelle auf diese Diskussionen näher einzugehen, und was speziell die Kakteen betrifft, dürfte es bei weitem noch verfrüht sein, schon jetzt eine Stellungnahme zu dieser Frage einnehmen zu wollen. Trotzdem meine ich doch, dass diese Untersuchung gezeigt hat dass man bei Erforschung der Ernährungsphysiologie der Kakteen die H-ionen Konzentration des Substrates notwendig in Betracht ziehen muss.

LITERATUR.

- Bon, F.: Über die Nachahmung der Heimatslebensbedingungen der Kakteen. Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin 1929 Jahrg. 1, Hft. 6, pp. 135—138, Hft. 10, pp. 202—206.
- Braunton, E.: Rooting cactus plants and cuttings. Journ. of the cactus and succulent society of America, vol. 1 no. 1, s. 2. Ref. in Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin 1929, Jahrg. 1, Hft. 10, p. 214.
- Deesz, H.: Kakteerde. Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin 1929, Jahrg. 1, Hft. 5, pp. 109—110.
- Hertel, F.: Kakteendüngung. Das Superphosphat, Jahrg. 7, No. 9.
- Honcamp, F.: Handbuch der Pflanzenernährung 1931, Bd. I.

- Lentzsch, A.: Einiges über die Frühbeetkultur der Kakteen. Das Kalkbedürfnis der Kakteen. Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin, 1931, Jahrg. 3, Hft. 4, p. 82.
- Mevius, W.: Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum. Naturw. u. Landwirtschaft, Hft. 11, 1927.
- Pareys: Blumengärtnerei, herausg. v. C. Bonstedt, Bd. II, 1932. Cactaceae.
- Pirschle, K.: Nitrate und Ammonsalze als Stickstoffquellen für höhere Pflanzen bei konstanter Wasserstoffionenkonzentration. III. Planta Bd 14, Hft. 3—4, pp. 583—676.
- Roeder, v. W.: Neue Methoden zur Bekämpfung bakterieller und pilzlicher Schädigungen. III Teil, Bodenreaktion. Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin, 1931, Jahrg. 3, Hft. 12, pp. 280—283.
- Roeder, v. W.: Kennzeichen von Nahrungsmangel bei unseren Kakteen. Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin, 1932, Jahrg. 4, Hft. 5, pp. 101—106.
- Rother, W. O.-Vorwerk, W.: Unsere Kakteen und Sukkulente, ihre Anzucht und Pflege. VII Aufl.
- Rupprecht, G.: Die mexikanischen Kakteenböden in den höheren Lagen (über 1000 m). Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin, 1929, Jahrg. 1, Hft. 10, pp. 194—202.
- Rupprecht, G.: Kakteenerden. Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin, 1931, Jahrg. 3, Hft. 1, pp. 15—17.
- Seitz: Glas- und Freilandkultur. Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin, 1931, Jahrg. 3, Hft. 6, pp. 139—145.
- Sočnik, H.: Kalk- und Salzbedürfnis der Sukkulente. Kakteenkunde 1933, Hft. 7, pp. 128—130.
- Zoller, E.: Können Kakteen in Wasserkulturen aufgezogen werden? Monatschr. Deutsch. Kakteen-Ges. Berlin, 1931, Jahrg. 3, Hft. 12, pp. 274—277.