

## ÜBER DIE VERWENDBARKEIT DER ARTESISCHEN BRUNNENWÄSSER ZUR BEWÄSSERUNG.

Von Dr. Ing. L. v. Kreybig.

Die Verwendbarkeit der verschiedenen Gewässer zur Bewässerung wird durch ihren Wärmegrad, Menge und chemische Qualität der suspendierten Stoffe und gelösten Salze, sowie durch die chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften des zu bewässernden Bodens bedingt.

Die Bedingungen, welche bezüglich der aufgezählten Eigenschaften das Wasser zur Bewässerung geeignet machen, sind folgende:

1. *Die Temperatur.* Die optimale Entwicklung der Pflanzen und Tätigkeit der Bodenlebewesen liegt in grosser Allgemeinheit zwischen  $25-30^{\circ}$  C und es kann, obwohl die verschiedenen Pflanzen und nützlichen Bodenlebewesen diesbezüglich ziemlich grosse Unterschiede aufweisen können, angenommen werden, dass beim Übersteigen der Bodentemperatur über  $30^{\circ}$  C Schädigungen in der Entwicklung eintreten. Bei ca.  $60^{\circ}$  C — dem Gerinnungspunkte von Eiweiss — tritt absterben der Pflanzen ein. Das Auftreten so hoher Bodentemperaturen wurde im Jahre 1922 (nach Roemer-Scheffer „Ackerbaulehre“ Verl. Paul Parey 1932, S. 122) in Holland gemessen. Auf Grund des gesagten sollten Wässer mit einer höheren Temperatur als  $30^{\circ}$  C zur Bewässerung nicht verwendet werden.

Die Temperatur der artesischen Wässer Ungarns ist nach den Angaben der Untersuchungsergebnisse der Seite 1796—1801, sobald dieselben aus grösseren Tiefen als ca. 450 m stammen, über  $30^{\circ}$  C und sollten also nur nach entsprechender Abkühlung zur Bewässerung verwendet werden, wenn sie ansonsten den gestellten, weiter unten behandelten Bedingungen entsprechen.

2. Menge und chemische Qualität der suspendierten Stoffe und gelösten Salze.

Die artesischen Wässer Ungarns haben keine oder nur kaum nennenswerte Mengen an suspendierten Stoffen und es kann bezüglich dieser im allgemeinen gesagt werden, dass dieselben nur dann schädlich wirken, wenn sie zu grosse Mengen an Na und Mg Ionen enthalten.

Bezüglich der Qualität der gelöster Salze gilt vom Bodenkundlichen Standpunkte als Grundbedingung, dass in denselben das Ca Ion dominiert. Solche Wässer, welche eine zu grosse Menge an Na-Ionen enthalten sind, wie wir im nachstehenden sehen werden zur Bewässerung, wenn der Boden eine zu grosse Affinität bezüglich der Absorption des Na aufweist ungeeignet, weil der Boden durch das Na-Ion früher oder später zu stark alkalisiert wird und seine Wasserwirtschaftseigenschaften gänzlich verdorben werden können.

Vom bodenbiologischen und pflanzenbaulichen Standpunkt aus ist es auch von Wichtigkeit zu wissen, wie grosse Mengen an gelösten Salzen in den zur Bewässerung verwendeten Wässern vorhanden sind. Sowohl die Bodenlebewesen, als auch die Pflanzen vertragen im allgemeinen nur ziemlich geringe Salzkonzentrationen. Wenn wir also mit Wässern mit zu grosser Salzkonzentration bewässern, besteht die Gefahr, dass Schädigungen auftreten.

Die Menge der gelösten Salze in den ungarischen artesischen Wässern wechselt laut den Analysenergebnissen die auf Seite 1796—1801, des ungarischen Textes angeführt sind im allgemeinen zwischen 0.345 bis 15.5355 g per Liter und es kann gesagt werden, dass meistens — jedoch nicht verallgemeinbar — die aus grösseren Tiefen stammenden artesischen Wässer grössere Mengen an gelösten Salzen enthalten, in welchen der Na-Ion Gehalt zwischen 0.098 und 13 g per Liter beträgt.

Die angeführten Zahlen beweisen, dass sowohl die Temperatur als auch die Menge und Qualität der gelösten Salze in den ungarischen artesischen Wässern sehr verschieden ist und oft zu Schädigungen Veranlassung geben kann. Aus diesem Grunde ist es immer angezeigt vor der Verwendung der artesischen Wässer zur Bewässerung sowohl die Wässer als auch den Boden, der mit dem Wasser bewässert werden soll, gründlich zu untersuchen.

Um für das gesagte praktische und wissenschaftliche Grundlagen zu gewinnen wurden in der Domäne Derekegyháza, in welcher die Bewässerung grösserer Flächen mit artesischem Wasser eingerichtet und in Betrieb gesetzt ist, nachstehende Untersuchungen und Versuche durchgeführt.



Die Domäne erhält das Bewässerungswasser aus vier artesischen Brunnen (Nr. I bis IV) deren Tiefe zwischen 200—300 m wechselt. Um die Qualität des Wassers festzustellen wurden aus allen vier Brunnen und aus dem Mischwasser der Brunnen I und II am entferntesten Punkte des Bewässerungsgrabensystems Muster genommen und diese untersucht. Die Analyseergebnisse sind aus Tabelle I—III des ungarischen Textes ersichtlich. Die Temperatur der Wässer aller vier Brunnen wechselt zwischen 18—20° C. Vom entferntesten Punkte des Bewässerungsgrabensystems wurde das Muster genommen, um zu sehen, in welchem Masse die Zusammensetzung des Wassers nach Durchfluss durch das lange Grabensystem sich verändert.

Wie aus den Analysendaten der Tabelle I—III ersichtlich, differiert die Zusammensetzung des Wassers der Brunnen I und II und der Brunnen III und IV darin, dass bei den ersteren Brunnen das Na, bei den letzteren das Mg Ion dominiert.

Die Analyseergebnisse des artesischen Wassers der Brunnen II und IV sind auf Seite 1796—1801 des ungarischen Textes auch zu Salzen kombiniert errechnet.

Das Wasser der Brunnen I und II enthält 83.06 bzw. 84.58, jenes der Brunnen III und IV 53.52 bzw. 58.23 mg. Aeq. % Na-Ionen, während das vom entferntesten Punkte der Bewässerungsgräben stammende Wasser der Brunnen I und II um ca 25% weniger Na enthält als das direkt den Brunnen entnommene Wasser. Diese Verminderung des Na Gehaltes erfolgte durch die Absorption durch den Boden der Grabenwände, wie dies aus den nachfolgenden Untersuchungsergebnissen ersichtlich ist. Diese Absorption hatte zur Folge, dass die im Anfange der Bewässerung sehr grossen Versickerungsverluste nach 2 Jahren bereits fast auf Null gesunken sind.

Ausser den angeführten Untersuchungen wurden im Laboratorium nachstehende Versuche und Analysen durchgeführt und die Absorptionskapazität des zu bewässernden Bodens zu studieren.

Vor allem wurde der austauschbare Kationgehalt des Versuchsbodens analytisch bestimmt und sodann dieser Boden, in je 2 cm starken Schichten durch Filterpapier von einander getrennt, übereinander geschichtet und nun liess man durch die Schichten ein Liter des Brunnenwassers Nr. II durchsickern. Nach kurzer Auswaschung des Systems mit destilliertem Wasser und sachgemässer Vorbereitung der zwei Schichten zur Analyse wurden die austauschbaren Kationen neuerdings bestimmt und auch das durchgesickerte Wasser des Brunnens II neuerdings analysiert.

Die Analysenergebnisse sind in Tabelle IV und V angegeben. Bevor ich zur Erklärung derselben übergehe, muss ich anführen, dass der Boden der oberen Versuchsschichte viel schwerer lufttrocken wurde als jener der unteren und auch merklich grössere Bindigkeit aufwies als der Originalboden und jener der unteren Schichte.

Wie aus der Tabelle IV ersichtlich, stieg der austauschbare Na Gehalt der oberen Schichte von 2.94 auf 7.58, während der der unteren Bodenschichte von 2.94 auf 5.21 ng. Aeq. in S% Na erhöht wurde. Aus Tabelle I—IV hingegen ist ersichtlich, dass der mg. Aeq. Na Gehalt des Originalwassers nach Durchfiltrierung von 84.58 auf 43.32, also fast um 50% gefallen ist.

Ausser den angeführten Untersuchungen wurden noch, sowohl im Originalboden als auch in den Böden der beiden Schichten, nach Durchfiltrierung, der  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  Gehalt, die pH Werte in  $\text{H}_2\text{O}$  und KCl sowie die  $\gamma_1$  Werte der Hydr. Acidität nach Kappen bestimmt. Diese Analysenergebnisse sind in der Tabelle V angeführt. Aus diesen ist zu ersehen, dass die Veränderungen vollkommen Sinngemäss den früheren sich anpassend stattgefunden haben.

Aus den angeführten Versuchen und Analysenergebnissen ist zu ersehen, dass der mit den zur Verfügung stehenden artesischen Wässern zu bewässernde Boden stark zur Alkalisierung neigt, und daher die Bewässerung in diesem Falle langsam zur Verschlechterung der Bodeneigenschaften führen muss. Wann, d. h. in welchem Zeitraume die Bodenverschlechterung derart fortgeschritten sein wird, dass der Boden zur landwirtschaftlichen Nutzung seine Eignung verliert, kann natürlich nur annähernd berechnet werden, nachdem die durch die natürlichen Niederschläge erfolgende Auslaugung, der Entzug von Na-Ion durch die angebauten Pflanzen usw. nicht vorher bestimmt werden kann.

Die theoretische Errechnung ergibt, dass bei einer jährlichen Verwendung von  $1000 \text{ km}^3$  Wasser pr. Kat. Joch des Brunnense II die oberste 30 cm starke Bodenschicht in ca. 25 Jahren derart alkalisiert werden kann, dass die landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeit aufhört.  $1000 \text{ km}^3$  Wasser pr. Kat. Joch entsprechen einer Niederschlagsmenge von ca 175 mm und nachdem, eventuell bedeutend mehr zur Verwendung kommen kann, muss damit gerechnet werden, dass die mit den zur Verfügung stehenden artesischen Wässern bewässerten Böden noch viel rascher für landwirtschaftliche Kultur unbrauchbar werden können, als die für den gegebenen Fall errechneten 25 Jahre.

Um den Fortschritt der Alkalisierung auch im Freilande zu überprüfen, wurden im Zeitraume 1933—1935 vom bewässerten Gebiete,



den ständigen Untersuchungsparzellen 1., 2., 13. und 21., Muster von 0—2 und weiter aus 0—20, 0—10 und auch aus 30—40 cm, je nach den Gegebenheiten, entnommen und untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind aus der Tabelle VI. des ungarischen Textes ersichtlich.

Den Fortschritt der Alkalisierung beweisen die Änderungen des mg Aeq. S% an austauschbarem Natrium. Diese Änderungen sind, wie aus den Analyseergebnissen ersichtlich, überall positiv, d. h. *die Alkalisierung fand auch im Freilande ebenso statt wie im beschriebenen Laboratoriumsversuche.*

Nachdem auf den Versuchspartellen verhältnismässig nur wenig Wasser zur Bewässerung verwendet wurde entnahm ich ausser den angeführten Stellen noch Muster von der kapillaren Bodenschichte des Bewässerungsgrabens beim Brunnen II. Die Analyseergebnisse dieser Bodenproben zeigen natürlich eine bedeutend stärker fortgeschrittene Alkalisierung.

Es muss auch erwähnt werden, dass in den stellenweise im bewässerten Gebiete vorkommenden kleineren Vertiefungen, in welchen grössere Mengen des Bewässerungswassers zusammenfliessen, die Alkalisierung des Bodens schon mit freiem Auge festgestellt werden kann.

Auf Grund der angeführten Untersuchungsergebnisse kann festgestellt werden, dass die praktisch, grösstenteils noch nicht fühlbare Alkalisierung der Böden im vorliegendem Falle wissenschaftlich festgestellt wurde, und daher bei Verwendung der artesischen Wässer der grossen ungarischen Tiefebene zur Bewässerung grosse Vorsicht insoferne nötig erscheint, dass vor Inbetriebsetzung solcher Bewässerungen sowohl das Wasser der Brunnen als auch die Absorptionskapazität des zu bewässernden Bodens gegenüber dem Natrium untersucht werden sollte.

