

Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 18 (1961)

Heft: 5

Artikel: Anforderungen der Landwirtschaft an das Oberflächenwasser

Autor: Berg, C. van den

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-781796>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

- sions of dissolved oxygen.—The Annals of Applied Biology, 45 (2), 1957, pp. 261-267.
- Ellis M. M.* Detection and measurement of stream pollution.—Bulletin of the Bureau of Fisheries, XLVIII, 1937, Bul. N° 22, pp. 365-437.
- Ellis M. M., Westfall B. A., Ellis M. D.* Determination of Water Quality.—Fish and Wildlife Service, Research Report 9, Washington, 1948, 122 p.
- Fry F.* Some environmental relations of the speckled trout (*Salvelinus fontinalis*). Rept. Proc. N. E. Atlantic Fish. Con., 1951. (cité d'après *Tarzwell* 1957.)
- Gibson E. S. and Fry F. E. J.* The performance of the Lake Trout *Salvelinus namaycush*, at various levels of temperature and oxygen pressure.—Canadian Journal of Zoology, 32, 1954, 252-260.
- Graham J. M.* Some effects of temperature and oxygen pressure on the metabolism and activity of the speckled trout *Salvelinus fontinalis*.—Can. Jour. Res. D, 27, 1949, 270-288. (Cité d'après *Tarzwell* 1958.)
- Henderson Cr. and Tarzwell Cl. M.* Bio-assays for control of industrial effluents. Sew. and Indus. Wastes, 29 (9), 1957, 1002-1017.
- Herbert D. W. M.* Measurement of the Toxicity of substances to Fish.—Water Pollution Research Laboratory, Watfords, 1952, 8 p.
- Huet M.* La pollution des eaux. L'analyse biologique des eaux polluées. (Bul. Centre Belge Etude et Documentation Eaux, n° 5 et 6.) Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, Grönendaal, Sér. D, n° 9, 31 p.
- Huet M.* Appréciation de la valeur piscicole des eaux douces. Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, Grönendaal, Sér. D, n° 10, 1949, 55 p.
- Huet M.* Les eaux continentales. — in Livre de l'Eau. Centre Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, Grönendaal, Sér. D, n° 10, 1949, 55 p.
- Hynes H. B. N.* The Biology of Polluted Waters. Liverpool, University Press, 1960, 202 p.
- Liebmann H.* Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Band II, R. Oldenbourg, München, 1960, 1149 p.
- Mann H.* Ueber Geschmackbeeinflussung bei Fischen. Der Fischwirt, Jg. 3, 1953, 330—334.
- Rivers Pollution Prevention Sub-Committee of the Central Advisory Water Committee.—Prevention of River Pollution.—His Majesty's Stationery Office, London, 1949, 76 p.
- Schäperclaus W.* Fischkrankheiten. Dritte Auflage. Akademie-Verlag, Berlin, 1954, 708 p., 389 fig.
- Schäperclaus W.* Lehrbuch der Teichwirtschaft. Zweite Auflage. Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1961, 582 p., 290 fig.
- Southern Research Station, Maple. Annual Report of the Laboratory for Experimental Limnology.—Res Rep. N° 23, 1951, 18 p.
- Steinmann P.* Toxicologie der Fische. — In Demoll-Maier: Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Bd. VI, Lf. 3. Stuttgart, 1928, pp. 289—392.
- Tarzwell Cl. M.* Water quality criteria for aquatic life. Pp. 246-272, in Biological problems in water pollution. U.S. Departm. of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Cincinnati, 1957, 272 p.
- Tarzwell Cl. M.* Dissolved oxygen requirements for fishes, pp. 15-24 in Oxygen relationships in streams. U.S. Depart. of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Cincinnati, 1958, 194 p.
- Vivier P.* Importance des Tests biologiques dans la protection des rivières contre la pollution. Gen. Fish. Coune, for the Mediterr., Proc. and Techn. Rap., Rome, 4, 1957, 207—217.
- Wuhrmann K. und Woker H.* Experimentelle Untersuchungen über die Ammoniak- und Blausäurevergiftung. Schweiz. Zeit. f. Hydrologie, XI, 1948, 210—244.
- Wuhrmann K.* La protection des rivières contre la pollution. Bulletin du Cébédreau, 15, 1952/I, 77-85.
- Wuhrmann K. and Woker H.* Influence of temperature and oxygen tension on the toxicity of poisons to fish.—Verh. int. Ver. Limnol., Stuttgart, XII, 1955, 795-801.

Anforderungen der Landwirtschaft an das Oberflächenwasser

Von Dr. C. van den Berg, Direktor des «Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding», Wageningen/Niederlande

Im Zusammenhang mit der allgemeinen zunehmenden Verschmutzung des Oberflächenwassers wird auch die Frage der Qualität des Wassers für die europäische Landwirtschaft mehr und mehr aktuell, besonders dort, wo Oberflächenwasser als einzige Quelle der Wassernutzung in Frage kommt, wie dies in verschiedenen Zentren der Gartenbaukultur unter Glas der Fall ist.

Das Oberflächenwasser wird in der Landwirtschaft für verschiedene Zwecke verwendet, und zwar als:

1. Trinkwasser für das Vieh
2. Waschwasser der Ernteprodukte
3. Unterirdische Bewässerung
4. Berieselung und Beregnung.

Wie die mannigfaltig mögliche Verunreinigung des Wassers sich in diesen Fällen auswirkt, ist noch bei weitem nicht völlig bekannt, und nur einige Grenzwerte der Schädlichkeit der vielen Verschmutzungskomponenten können angegeben werden. Eine Ausnahme macht dabei der Salzgehalt des Wassers, worauf später eingegangen wird.

Über die übrigen Schmutzstoffe lassen sich die folgenden allgemeinen Bemerkungen machen: Die

organischen Verunreinigungen des Wassers machen der Landwirtschaft meistens wenig Sorge, im Gegen teil. So ist es wohl bekannt, dass selbst fäkalische Abwässer mit hohem organischen Stoffgehalt für die Bewässerung von Wiesen und Weiden gebraucht werden. Dem Boden werden Nährstoffe zugefügt, und die meisten vorhandenen Keime scheinen bald ihre Infektionsfähigkeit zu verlieren. Der Gebrauch eines solchen Abwassers ist aber beschränkt auf das Grasland, da es auf dem Ackerland leicht zu Pilzbefall von jungen Pflanzenkulturen führen kann. Viel weniger brauchbar sind die Abwässer der Papier- und Zellstoffindustrie, da die schwer verdaulichen Fasern den Boden dicht verfilzen können.

Ole, Fette, Eisenocker usw. können alle die Poren des Bodens verstopfen, wenn sie in beträchtlichen Mengen im Bewässerungswasser vorkommen. Dadurch wird die Sauerstoffversorgung des Bodens gestört und das Wachstum von Pflanzen und Mikroben gehemmt.

Meistens werden die genannten Schwierigkeiten nur in der Nähe der betreffenden Industrien auftreten und daher nur von örtlicher Bedeutung sein.

Es versteht sich von selbst, dass die zulässigen Grenzwerte der giftigen Schwermetalle für Tiere und

Pflanzen niedrig sind. Laut deutscher Versuchsergebnisse soll Bewässerungswasser nicht mehr als ungefähr 0,3 mg/l Arsen, 0,5—1,0 mg Kobalt oder Nickel, 2,0 mg Zink oder 5,0 mg Kupfer enthalten. Amerikanische Ergebnisse zeigen, dass Gehalte über 0,3 mg Bor pro Liter schädlich auf die Pflanzen einwirken. Derartige Konzentrationen können auftreten in kleineren Flüssen, in die gewerbliche Abwässer abgeleitet werden.

Wenig bekannt ist der durch landwirtschaftliche Massnahmen hervorgerufene, für die Gesundheit von Menschen und Tieren gefährliche Einfluss der bakteriologisch-virologischen Verunreinigung. Bei Bewässerung darf man annehmen, dass die meisten Keime im Boden unschädlich gemacht werden. Ob das aber auch der Fall ist, wenn Ernteprodukte (Gemüse z. B.) in Oberflächenwasser gewaschen werden, ist nicht bekannt. Anderseits sind auch keine Fälle bekannt, bei denen Krankheiten auf diese Weise verbreitet worden sind.

Die Zunahme der Detergentien, besonders in Abwässern, hat das Interesse einiger landwirtschaftlicher Experten erregt und zu Untersuchungen über den Einfluss dieser Produkte auf das Pflanzenwachstum geführt (Den Dulk, 1960). Es hat sich gezeigt, dass die Detergentien durch Erniedrigung der Oberflächenspannung besonders den Wasserhaushalt des Bodens beeinflussen. Der Boden kann weniger Wasser festhalten, wodurch das Pflanzenwachstum gestört werden kann. Bei Gebrauch eines Wassers mit 20—30 mg Detergentien pro Liter wird der Einfluss bemerkbar in grobsandigen Böden. In Lehm- und Tonböden werden die Produkte aber teilweise adsorbiert und höhere Konzentrationen an Detergentien ertragen. Vorläufig wird auch dieses Problem nur von örtlicher Bedeutung sein.

Die wichtigsten Verunreinigungen des Oberflächenwassers für die Landwirtschaft scheinen wohl die anorganischen Salze zu sein, weil sie allgemein vorkommen, stetig zunehmen und sich schwer beseitigen lassen. Es handelt sich dabei um eine Salzmischung, in der das NaCl meistens überwiegt. Wir werden nachfolgend zeigen, dass auf die Landwirtschaft nicht nur die Chloride, sondern die ganze Skala der gelösten Salze Rückwirkungen hat.

In welcher Weise die Salze im Boden das Pflanzenwachstum beeinflussen und wie die Grenzwerte der Bodensalze und der Salze im Bewässerungswasser bestimmt werden können, soll nachstehend erörtert werden.

Der Einfluss der Bodensalze auf das Pflanzenwachstum

In einem Milieu mit übernormalen Mengen an Salzen wird das Wachstum der Pflanzen gehemmt. Dies führt zu einem abnehmenden Ertrag. Bisweilen lässt sich auch eine Braunfärbung der Blattränder beobachten.

Für die Erklärung dieser Symptome sind drei Faktoren von grosser Bedeutung:

- der osmotische Wert der Nährösung;
- die Gesamtsalzaufnahme der Pflanzen;
- die spezifische Wirkung bestimmter Ionen in der Nährösung.

Der osmotische Wert einer Lösung nimmt zu mit der Konzentration der gelösten Salze. Weil das Wasser sich mit zunehmendem osmotischem Wert immer schwieriger entziehen lässt, entsteht eine «physiologische Trockenheit» des Bodens für die Pflanze, die das Wachstum ungünstig beeinflusst. (Bernstein und Hayward, 1958).

Es ist besonders wichtig, darauf hinzuweisen, dass alle Ionen zusammen diesen höheren osmotischen Wert hervorrufen. Equivalente Mengen der verschiedenen Ionen haben in dieser Hinsicht eine gleiche Wirkung.

Mit einem höheren osmotischen Wert ist auch eine Zunahme der Gesamtsalzaufnahme verbunden. Unter normalen Umständen ist die Aufnahme der Salze durch die Pflanze selektiv und beschränkt. Mit ansteigendem Salzgehalt des Milieus funktioniert diese «Ionenwahl» der Pflanze aber nicht mehr vollkommen, und es werden viel mehr Salze aufgenommen als in normalen Böden (Van den Berg, 1952). In dieser Hinsicht weisen verschiedene Pflanzenarten grosse Unterschiede auf. Eine hohe Salzaufnahme wird zur Folge haben, dass physiologische Prozesse in der Pflanze gehemmt werden. Weil für die verschiedenen Pflanzenarten die Resistenz gegen «physiologische Trockenheit» ungefähr parallel läuft mit der Möglichkeit, sich gegen eine «Überschwemmung» mit Salzen zu wehren, ist es schwierig, die Effekte des osmotischen Wertes und der zugenommenen Salzaufnahme zu trennen.

Ausser den genannten Effekten kann sich noch die spezifische physiologische Wirkung eines Ions zeigen, besonders wenn ein solches Ion in der Bodenlösung überwiegt. In einem solchen Fall kann die Aufnahme eines anderen Ions stark zurückgedrängt werden. So kann eine zunehmende Menge an Natrium in der Nährösung eine geringere Kalziumaufnahme oder, in anderen Fällen, eine geringere Kaliumaufnahme zur Folge haben und sogar zu Kalzium- bzw. Kaliummangel führen.

Obwohl der früher oft festgestellte nachteilige Einfluss der Chloride meistens auf einen Effekt der Gesamtsalze zurückzuführen ist, sind doch Fälle bekannt, in denen die giftige Wirkung einer hohen Chloridkonzentration einwandfrei festgestellt worden ist.

Bei den Spurenelementen (Cu, Mn, B usw.) besteht öfters für die Pflanze ein Mangel. Amerikanische Untersuchungen geben aber an, dass das Bor schon in verhältnismässig niedrigen Konzentrationen giftig sein kann und dass in dieser Hinsicht auch Irrigationswässer bisweilen eine zu hohe Konzentration dieses Elements aufweisen.

In den meisten Fällen ist es die Gesamtkonzentration der Salze, die nachteilige Einflüsse auf das Pflanzenwachstum ausübt und nicht die Wirkung einer einzigen Komponente.

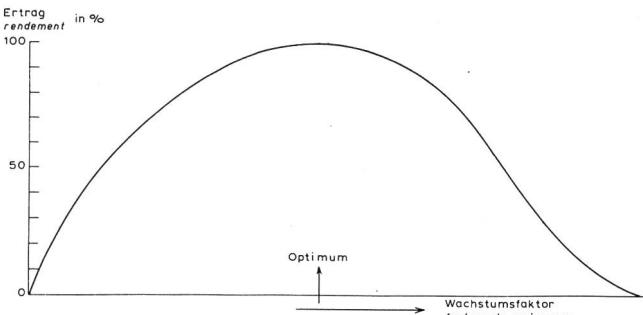


Abb. 1. Allgemeine Wachstumskurve.

Es werden verschiedene Methoden angewendet, um die Salzmenge im Boden festzustellen und zu charakterisieren. Da für die Pflanze die Konzentration der Salze im Bodenwasser von Bedeutung ist, genügt es nicht, die Bodensalze als Prozentsatz des getrockneten Bodens zu bestimmen.

Die heute meist angewandte Methode besteht in der Bestimmung der Leitfähigkeit eines Bodenextraktes. Die elektrische Leitfähigkeit (electrical conductivity = E. C.) wird dargestellt in reziproken Ohms (mhos): $E. C. \times 10^3 = \text{millimhos}$; $E. C. \times 10^6 = \text{micromhos}$.

Man kann für die Charakterisierung der Salzmenge entweder die Zahl der Leitfähigkeit oder den osmotischen Wert (in Atmosphären), oder aber die Salzkonzentration (in Grammen oder Milliequivalenten pro Liter) gebrauchen. Die Korrelation dieser Werte ist sehr hoch. In manchen Fällen ist auch die Cl-Konzentration noch stark korreliert mit der Leitfähigkeit und daher auch brauchbar.

Der Zusammenhang zwischen Salzen im Bewässerungswasser und Salzen im Boden

Zahlreiche Untersuchungen haben den Einfluss der Salzkonzentration im Boden auf das Pflanzenwachstum quantitativ festgestellt. Es wird später gezeigt werden, dass die Resultate in verschiedenen Ländern sich zu einem einheitlichen Bild zusammenfassen lassen. Zuerst aber muss die Frage gestellt werden, in welcher Weise die Salzkonzentration des Bodenwassers durch die Salze im Bewässerungswasser beeinflusst wird. Wichtig ist dabei, dass die Pflanze wohl das zugeführte Wasser, aber nur einen kleinen Teil der im Wasser zugeführten Salze aufnimmt. Dadurch entsteht im Prinzip eine Salzanreicherung im Boden.

Wenn genügend Angaben über Wasser, Boden, Pflanze und Klima zur Verfügung stehen, lässt sich diese Frage mittels einer Wasser- und Salzbilanz lösen.

Als Beispiel vermitteln wir die Daten einer Gewächshauskultur (Gurken oder Tomaten) in den Niederlanden, die ungefähr 350 mm Wasser verbraucht. Die ganze Menge Wasser wird in diesem Falle mittels künstlichen Regens verabreicht. Um Salze auszuwaschen, werden mit jedem Sprühregen etwa 15 % Wasser zusätzlich dazugefügt, welche Menge durch Dränung abgeführt wird. Wir betrachten eine Boden-

schicht, die in feuchtem Zustand (sog. Feldkapazität) etwa 100 mm Wasser enthält. Weiter wird für das Irrigationswasser ein Salzgehalt von 1000 mg pro Liter angenommen und für die zusätzliche Salzaufnahme des Gewächses 300 kg pro Hektare. Man erhält dann für eine Wuchsperiode:

	Wasser in mm	Salzkonzentration in g/l	Salzmenge in kg/ha
Im Anfang im Boden	100	0,5	500
Bewässerung . . .	400	1,0	4000
	500	1,5	4500
Aufnahme der Pflanze	350		300
	150		4200
Dränung	50	1,8	900
Am Ende im Boden .	100	3,3	3300

Aus dieser Berechnung lässt sich ableiten, dass die Konzentration der Bodenlösung während der Wuchsperiode von 0,5 auf 3,3 g pro Liter ansteigt und dass dies durch die Salze im Bewässerungswasser verursacht wird. Die mittlere Konzentration während der Wuchsperiode wird in diesem Falle ungefähr $\frac{0,5 + 3,3}{2} = 1,9 \text{ g/l}$ betragen.

Die Salzkonzentration des Bewässerungswassers (1,0 g/l) im Boden führt somit fast zu einer Verdopplung der mittleren Salzkonzentration des Bodenwassers (1,9 g/l). Es besteht nun die Möglichkeit, in diesem Falle mit Hilfe der «Konzentrationserhöhung» (wofür wir einfacheitshalber den Faktor 2 nehmen werden) direkt den Einfluss der Salzkonzentration des Bewässerungswassers auf das Pflanzenwachstum abzuleiten, soweit der Einfluss der Bodensalze auf die Pflanze bekannt ist.

Wir möchten hier jedoch bemerken, dass in Europa die aufgestellte Wasser- und Salzbilanz in Abhängigkeit von den örtlichen Umständen stark variieren kann. Man soll sich immer bewusst sein, dass das angeführte Beispiel sich auf eine Gewächshauskultur in den Niederlanden bezieht. Sobald z. B. der natürliche Regen einen Teil der Wasserversorgung übernimmt, werden

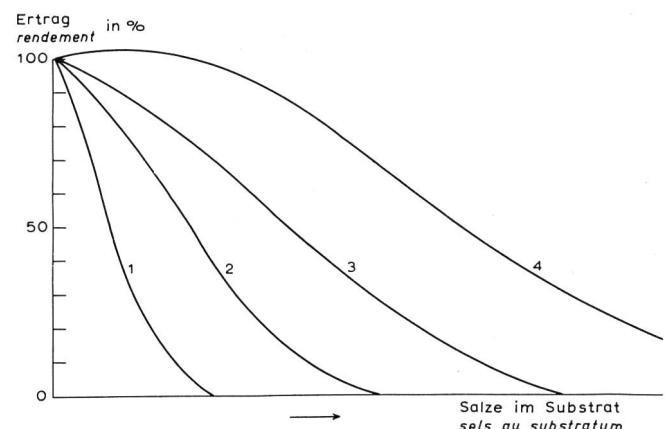


Abb. 2. Reaktionstypus der Gewächse. 1 sehr salzempfindlich; 2 salzempfindlich; 3 mäßig salzempfindlich; 4 widerstandsfähig.

dem Boden weniger Salze zugeführt und wird der Faktor für die Konzentrationszunahme (Bodenlösung — Bewässerungswasser) kleiner. Anderseits wird der Faktor erhöht, falls die Klimaverhältnisse einen höheren Wasserverbrauch der Pflanzen verursachen und das Wasser durch Bewässerung zur Verfügung gestellt wird.

Auch die Menge des Dränungswassers hat einen bedeutenden Einfluss. Es wäre von Nutzen, mehr Wasser verabreichen zu können, damit mehr Salze mit dem Dränungswasser ausgespült werden könnten. In Gewächshäusern ist dies während der Wuchsperiode nicht gut möglich, weil dadurch die Luftversorgung der Wurzel in Gefahr kommt und leicht Pflanzenkrankheiten hervorgerufen werden. In der Praxis erfolgt die Auswaschung der Salze denn auch nach der Ernte der Hauptkultur.

Salz und Produktion

Die Empfindlichkeit der Pflanzenarten für Salze ist sehr verschieden. Es besteht darüber ein ausgedehntes internationales Schrifttum aus den ariden Regionen der Welt wie auch aus feuchteren Gebieten, wo Überschwemmungen mit salzigem Wasser stattgefunden haben. Mit Hilfe dieses Schrifttums ist es möglich, eine Rangordnung für die Salzempfindlichkeit der verschiedenen Nutzpflanzen aufzustellen, die im grossen und ganzen international gültig ist. Gewöhnlich werden die Pflanzen in einige Gruppen von Salzempfindlichkeit oder Salzresistenz eingeteilt.

Sobald man einer Quantifizierung nachstrebt, wird es notwendig, den Ertrag der Gewächse bei verschiedenen Salzmengen zu vergleichen. Es sei darauf hingewiesen, dass man in solchen Fällen nie einen absoluten kritischen Grenzwert für die Salzmenge findet; die Erträge nehmen mit höheren Salzgehalten im Milieu allmählich ab.

In dieser Hinsicht kann man den Zusammenhang zwischen dem Ertrag eines Gewächses und dem Salzgehalt des Bodens mit den allgemeinen Wachstumskurven, die für verschiedene Wachstumsfaktoren bekannt sind, vergleichen. Eine derartige Wachstumskurve ist in Abb. 1 dargestellt.

Bei normalen Fruchtbarkeitsfaktoren hat man meistens mit dem Teil der Kurve an der linken Seite des Optimums zu tun. Dort ergibt eine Zunahme des Wachstumsfaktors einen höheren Ertrag. In versalzten Böden geht es aber vornehmlich um den Teil der Kurve an der rechten Seite des Optimums.

Für die Gewächsgruppen mit verschiedener Salzresistenz kann die Reaktion ungefähr mittels der Kurven in Abb. 2 dargestellt werden.

Es zeigt sich nun, dass es möglich ist, die Resultate der Untersuchungen aus sehr verschiedenen Ländern zusammenzufassen und den Einfluss der Salze im Boden für einige Gewächsgruppen quantitativ festzustellen.

Bei den Untersuchungen wird gewöhnlich eine Minderernte in Prozenten des normalen Ertrags,

welche bei einem bestimmten Salzgehalt auftritt, festgestellt. Die Untersuchungen der Gewächse mit sehr niedriger Salzresistenz beziehen sich auf:

Bohnen (*Phaseolus*), Pfirsiche, Pflaumen: U. S. Salinity Laboratory, USA (1954);
Erbsen: Yankowitch, Tunesien (1949);
Gurken und Kopfsalat: Dorsman und Wattel, Niederlande (1951);
Zyklamen und andere Blumen: Penningsfeld, Deutschland (1960);
Azalea: Penningsfeld, Deutschland (1960).

Die Resultate sind dargestellt in Abb. 3, welche sich als geeignet erweist, um für jeden Salzgehalt der Bodenlösung die mittlere Abweichung vom normalen Ertrag festzustellen.

In Abb. 4 sind Untersuchungsresultate für eine Gruppe von Gewächsen mit niedriger Salzresistenz zusammengestellt. Die Ziffern beziehen sich auf:

Tischtrauben: Van den Ende, Niederlande (1952);
Karotten: Imazu und Osawa, Japan (1954);
Blumenkohl, Kartoffel, Endivie: Van Dam, Niederlande (1955);
Chrysanthemum, Dianthus: Penningsfeld, Deutschland (1960);
Kartoffel, Zwiebel, Karotten: U. S. Salinity Laboratory, USA (1954);
Trauben, Melonen: U. S. Salinity Laboratory, USA (1954);
Afrikanische Salate: Novikoff, Tunesien (1946).

Schliesslich werden in Abb. 5 die mit den weniger empfindlichen Tomaten unternommenen Versuchsergebnisse zusammengefasst, welche von folgenden Gewährsmännern stammen:

Dorsman und Wattel, Niederlande (1951);
Wilcox, USA (1955);
Van den Ende, Niederlande (1952).

Mit Hilfe der Abb. 3, 4, 5 ist es nun möglich, den Ertragsverlust unter Einfluss der Salzmenge für ein Gewächs festzustellen, auch wenn nur der Platz des Gewächses in der Reihenfolge der Salzempfindlichkeit bekannt ist.

Zusammenhänge zwischen Wasserqualität und Gewächserträgen

Aus den vorher genannten Resultaten lassen sich jetzt Grenzwerte ableiten, z. B. die Salzmengen im Boden, die zu einem Ernteverlust von 10 %, 20 % usw. führen. In der nachstehenden Tabelle werden einige Grenzwerte für die verschiedenen Gewächsgruppen angeführt:

Gewächsgruppen	Grenzwert Bodensalze in g/l	
	bei 10 % Ernteverlust	bei 20 % Ernteverlust
Gruppe I (Bohnen usw.)	0,600	1,000
Gurken*	1,200	1,700
Gruppe II (Trauben usw.)	1,900	2,800
Gruppe III (Tomaten)	1,900	3,100

* Laut internationaler Klassifizierung zwischen Gruppen I und II

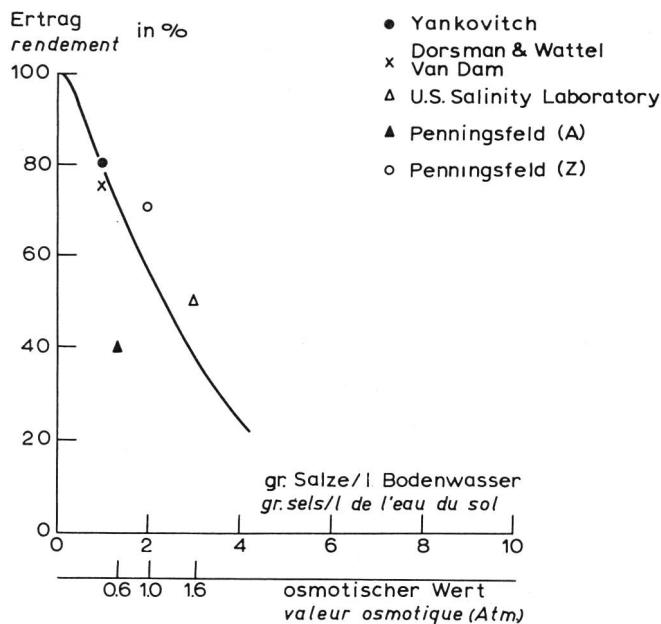


Abb. 3. Reaktion der Gewächse mit sehr niedriger Salzresistenz.

Wurde früher gezeigt, dass der Salzgehalt von Bewässerungswässern während der Kulturphase etwa verdoppelt wird, handelt es sich jetzt darum, die Grenzwerte des Salzgehaltes im Bewässerungswasser bei einem Ernteverlust von 10 %, 20 % usw. anzugeben. Dabei soll man von den genannten Zahlen die Hälfte nehmen und findet:

Gewächsgruppen	Grenzwert Bewässerungswasser in g/l	
	bei 10 % Ernteverlust	bei 20 % Ernteverlust
Gruppe I (Bohnen usw.)	0,300	0,500
Gurken	0,600	0,850
Gruppe II (Trauben usw.)	0,950	1,400
Gruppe III (Tomaten)	0,950	1,550

Diese Tabelle zeigt also, dass verschiedene Kulturpflanzen schon bei dem niedrigen Gehalt von 0,300 g (oder 300 mg) an Gesamtsalzen im Irrigationswasser einen Ertragsrückgang von 10 % haben, falls nur Be-

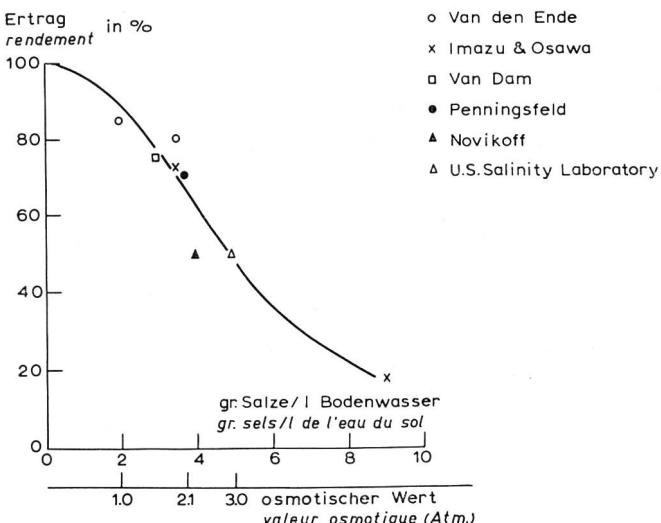


Abb. 4. Reaktion der Gewächse mit niedriger Salzresistenz.

wässerungswasser mit diesem Gehalt zur Verfügung steht und etwa 350 mm dieses Wassers verbraucht werden. Solche Umstände können in Südeuropa im Sommer für Freilandkulturen auftreten; in Mittel- und Nordeuropa, wo der Regen reichlicher fällt, wird man sie im allgemeinen nur bei Gewächshauskulturen finden.

Bei einem Gehalt von 500—600 mg pro Liter fangen etwas weniger empfindliche Pflanzen an, Ertragsenkungen zu zeigen.

Da man in Europa den Salzgehalt der Oberflächenwässer oft nur mit dem Cl-Gehalt charakterisiert, ist es erwünscht, den Gesamtsalzgehalt mit dem Gehalt an Cl zu vergleichen. Für das Rheinwasser findet man diese Vergleichung in Abb. 6. Die Ziffern beziehen sich auf das Rheinwasser in den Niederlanden.

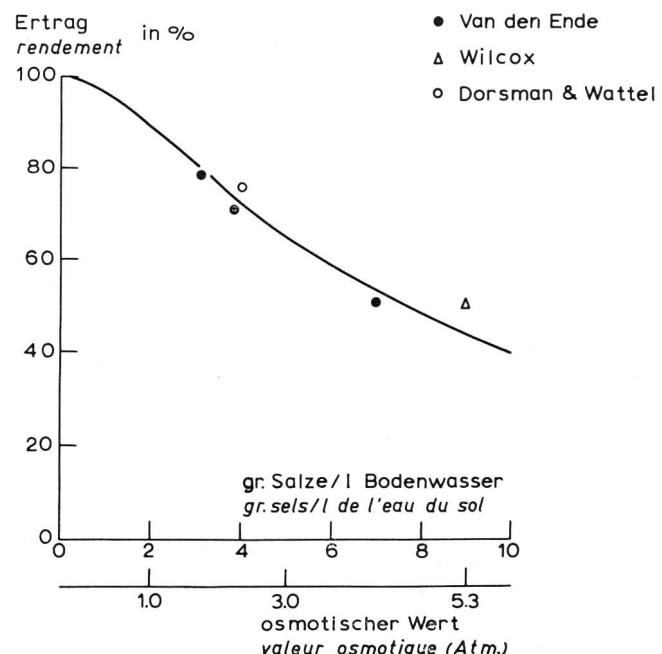


Abb. 5. Reaktion der Gewächse mit mässiger Salzresistenz.

Man kann aus dieser Figur die nachstehenden Zusammenhänge zwischen Chloridgehalt und Gesamtsalzgehalt ablesen:

300 mg Gesamtsalze stimmen überein mit	70 mg Cl
500 »	»
600 »	»
700 »	»
800 »	»
1000 »	»
1200 »	»
	125 »
	160 »
	210 »
	250 »
	325 »
	425 »

Ausser NaCl enthält das Rheinwasser vor allem CaSO_4 und $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Soll man jetzt feststellen, wo der Grenzwert des Salzgehaltes liegt, so kann man billigerweise sagen, dass dieser Wert bei Gebrauch des Oberflächenwassers als Bewässerungswasser nicht höher sein darf als 500 bis 600 mg Salze pro Liter oder etwa 150 mg Cl pro Liter.

Aus der amerikanischen Literatur geht hervor, dass man in den Vereinigten Staaten die nachfolgende Klassifikation benutzt:

Salzklaasse	micromhos	Salze in mg/l
niedrig . . .	< 250	< 160
mässig . . .	250—750	160—480
hoch . . .	750—2250	480—1440
sehr hoch . . .	>2250	>1440

Wenn man in Europa etwa 500—600 mg pro Liter als Grenzwert feststellt, bedeutet dies, dass ein solches Wasser in den USA schon zu der hohen Salzklaasse gehört.

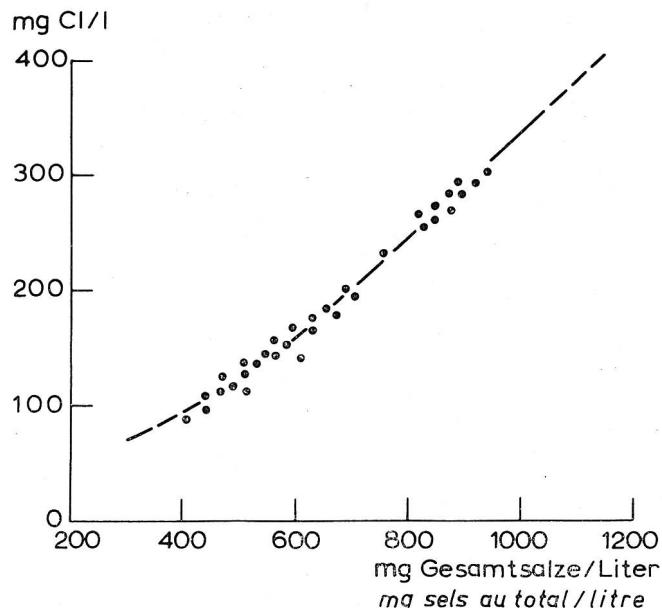


Abb. 6. Zusammenhänge zwischen Cl und Gesamtsalzen im Rheinwasser.

Schlussfolgerungen

Das Oberflächenwasser wird in der Landwirtschaft zu verschiedenen Zwecken benutzt. Die Anwendung als Bewässerungswasser für Gemüse, besonders in Gewächshäusern, stellt dabei die höchsten Anforderungen an die Qualität des Wassers. Nicht nur der Ertrag, sondern auch die Qualität der Ernteprodukte ist dabei wichtig. In wirtschaftlicher Hinsicht ist dieser Produktionszweig von grosser Bedeutung; schon in den Niederlanden hält sich der jährliche Produktionswert von Gemüsen, Obst und Blumen unter Glas in der Grössenordnung von 450 Millionen Gulden. Bei andern Anwendungen des Oberflächenwassers in der Landwirtschaft sind die zulässigen Grenzwerte für Schmutzstoffe meistens höher als für diese feinen Kulturen. Es ist daher zwecklos, zu versuchen, Grenzwerte

für jede Anwendungsmöglichkeit festzustellen. Zusammenfassend kann die folgende Uebersicht aufgestellt werden, aus der man die Anforderungen der Landwirtschaft an die Wasserqualität (soweit bekannt) ersehen kann:

Stoff	zulässiger Grenzwert in mg/l
Bor	0,3
Arsen	0,3
Kobalt	0,5—1,0
Nickel	0,5—1,0
Zink	2,0
Kupfer	5,0
Detergentien	20—30
Gesamtsalze	500—600 (etwa 150 mg Cl)

In den grösseren Flüssen Europas wird man wahrscheinlich die genannten Konzentrationen an Schwermetallen oder Detergentien nicht antreffen. Sie können aber auftreten in den kleineren Gewässern, wenn darin abgeleitete Abwässer noch nicht genügend verdünnt sind.

Mit dem Gesamtsalzgehalt ist es aber anders. Im Rhein treten im Sommer regelmässig Salzgehalte bis zu 800—950 mg/l (250—300 mg Cl) auf. Deshalb gehört heute auch die Landwirtschaft zu der immer wachsenden Anzahl derjenigen, die ihre Stimme gegen die Verunreinigung der Oberflächengewässer erheben.

Schrifttum

- Berg C. van den (1952). L'influence des sels adsorbés sur la végétation et le rendement des plantes culturales dans des sols salés. (Holländais avec résumé). Verslagen Landbouwk. Onderz. 58. 5.
- Bernstein L. und H. E. Hayward (1958). Physiology of salt tolerance. Am. Review Plant Physiology 9.
- Dam J. G. C. van (1955). Examination of soils and crops after the inundations of 1 February 1953. II. The influence of salt on the chief vegetable crops. Neth. Journal of Agric. Sci. 3.
- Dorsman C. und M. Wattel (1951). Zoutschade bij tuinbougewassen. Résumé: Dommages causés par le sel aux plantes horticoles. Verslagen Landbouwk. Onderz. 57. 8.
- Dulk P. R. den (1960). Synthetic detergents in sewage sludge. Neth. Journal of Agric. Sci. 8, n° 2.
- Ende J. van den (1952). De invloed van sout gietwater op de ontwikkeling van verschillende gewassen onder glas. Meded. Directeur van de Tuinbouw 15.
- Imazu T. und T. Osawa (1954). The effects of sodium chloride on some vegetables. Hort. Ass. Japan Journal 22.
- Novikoff V. (1946). Notes sur l'utilisation des eaux salées. Ann. Serv. Bot. et Agron., Tunisie 19.
- Penningsfeld F. (1960). Die Ernährung im Blumen- und Zierpflanzenbau. Verlag P. Parey, Hamburg.
- U. S. Salinity Laboratory, Riverside (1954). Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils. Agric. Hdbook nr. 60, U. S. Dep. of Agriculture.
- Wilcox L. V. (1955). Classification and use of irrigation waters. U. S. Dep. of Agriculture, Circ. 969.
- Yankovitch L. (1949). Résistance aux chlorures des plantes cultivées. Ann. Serv. Bot. et Agron., Tunisie 22.