Anforderungen an die Wasserqualität in der Rebenveredlung

Von Prof. Dr. K. SCHALLER

Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung der Forschungsanstalt Geisenheim a. Rh.

Die Wassermengen, die alljährlich zur Bewässerung landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturen verbraucht werden, sind in den letzten Jahren steil angestiegen. Mit der Intensivierung der pflanzlichen Produktion ist auch ein Mehrverbrauch an Wasser verbunden, da mit höheren pflanzlichen Leistungen auch die Transpirationsmenge pro Flächeneinheit steigt.

Mit steigender Zivilisation und zunehmender Bewässerungslandwirtschaft -ihr Umfang dürfte gegenwärtig bei ca. 1,2 Milliarden ha liegen - nimmt natürlich auch der Grad der Verschmutzung zu, so daß die Frage der Wasserqualität stark in den Vordergrund tritt.

Die Wasserqualität selbst wird am Verwendungszweck gemessen.

Die wichtigsten Wasserinhaltsstoffe sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1 Die wichtigsten Inhaltsstoffe in Bewässerungswasser

Inhaltsstoff	Abkürzung	Einheit
Elektrische Leitfähigkeit (Gesamtsalz-Gehalt)	EC x 10^6 bei 25° C	uS/cm
Natrium-Adsorptions-Verh.	SAR	
Natriumgehalt	Na	%
Bor	B	ppm
Abdampfrückstand		ppm
pH		
Kationen		
Calcium	Ca	mg/1
Magnesium	Mg	mg/1
Natrium	Na	mg/1
Kalium	K	mg/1
Anionen		
Carbonate	CO_3	mg/1
Hadrogencarbonate	HCO_3	mg/1
Sulfate	SO_4	mg/1
Chloride	Cl	mg/1
Nitrate	NO_3	mg/1
Hydrogencarbonate bzw. Carbonate von Ca und Mg	KH	^{0}dH +)
Hydrogencarbonate und Carbonate und Sulfat und Chlorid von Ca und Mg	GH	^{0}dH +)

+) 1° dH = 10 mg CaO/1 oder 7,19 mg MgO/1
1° dH = 1,79 franz. Härtegrade = 1,25 engl. Härtegrade
= 17,85 amerik. Härtegrade

1. Gesamtsalzgehalt oder elektrische Leitfähigkeit, Natriumgehalt und Natriumadsorptionsverhältnis sind ein Maß dafür, inwieweit bei Bewässerungsmaßnahmen schädliche Salzanreicherungen zu erwarten sind.

   Der Salzgehalt oder die löslichen Salze eines Wassers ist eines der wichtigsten Kriterien für die Beurteilung als Bewässerungswasser. Das Salz beeinflußt durch den ansteigenden osmotischen Druck des Wassers das Pflanzenwachstum, indem die Pflanze veranlaßt wird mehr Energie für die Aufnahme des Wassers aufzuwenden. Eine Salzkonzentration von einigen wenigen zehntel Prozent behindert bereits das Pflanzenwachstum.

   Die Salzgehalte werden ermittelt durch Messen der elektrischen Leitfähigkeit (EC) in mS/cm (EC X 10^{-3}) oder uS/cm (EC x 10^{-6}) in Bodenextrakten bzw. Wässern.

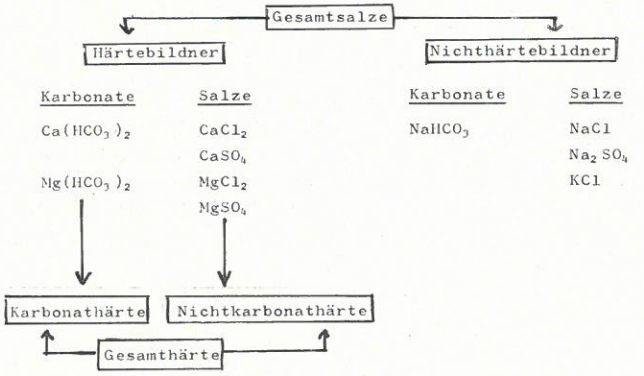
   Hohe Natriumkonzentration im Wasser sind unerwünscht, da das Natrium-Ion am Sorptionskomplex des Bodens gebunden wird. Dadurch zerfallen die Bodenaggregate, die Poren werden verschlämmt und der Wasserfluß ist sehr stark gehemmt. Die Anreicherungsrate des Natriums am Sorptionskomplex im Verhältnis zu den anderen Ionen, wird aus dem Natriumadsorptions-Verhältnis errechnet. Sie erfolgt nach folgender Formel:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

   wobei die Mengenangaben der einzelnen Ionen in Milliäquivalenten/1 erfolgt.
   Letztlich ist es wohl das endgültige Natriumadsorptionsverhältnis der Bodenlösung, das die Na-Adsorption bestimmt. Ebenso haben die Bodenmineralien einen wichtigen Einfluß. Wenn zum Beispiel Wasser durch den Boden wandert, wird durch HCO_3^- und CO_3^{--}-Ionen ein Teil des im Bewässerungswasser enthaltenen Calciums ausgefällt. Dadurch steigt natürlich das SAR, wobei es auch zu einem relativen Anstieg der Na-Konzentration kommt.
   Inwieweit aus einem Wasser Calcium ausgefällt wird, kann aus dem pH-Wert und der Bicarbonat-Konzentration errechnet werden.
   Bor wird am häufigsten in höheren, für die Pflanze schädlichen Konzentrationen im Wasser gefunden. Da Bor sehr gut löslich ist, findet man es häufig in Drainagewasser bzw. bei Vorkommen borreicher Mineralien im Boden.
   Die Problematik ist insofern besonders groß, da dieser Bereich zwischen Mangel und Überschuß sehr eng ist. Bor kann nicht ausgefällt oder sonstwie aus dem Wasser entfernt werden. Eine kritischen Konzentration sind 0.5 ppm B.
2. Der Gehalt an Kationen und Anionen muß gegebenenfalls bei düngender Bewässerung berücksichtigt werden.
3. Die wichtigsten Kenngrößen eines Wassers in der Pflanzenproduktion unter humiden Klimabedingungen sind die Gesamthärte und die anteilige Karbonathärte.

Die chemische Zusammensetzung eines Wassers hängt weitgehend von der Natur des Bodens ab aus dem es entstammt. So findet man z.B., sehr weiche Wässer mit oft nur 1 - 2 Härtegraden in Gebieten mit Basalt-oder Granitböden, während Kalk-, Gips- oder Dolomitböden Wasser hervorbringen, die in Einzelfällen mehr als 100^0 dH aufweisen.

Härte- und Nichthärtebildner im Wasser



Für die Rebe als Pflanze mit mittlerer Salztoleranz können folgende Gießwasser-Inhaltsstoffe als Obergrenze angenommen werden:

	Einheit	
Gesamtsalzgehalt (als KCl)	mg/l	750
Chlorid	mgCl/l	200
Natrium	mgNa/l	150
Sulfat	$mgSO_4/l$	250
Gesamthärte	^{0}dH	20
Karbonathärte	^{0}dH	15
Bor	mgB/l	« 0,5

Mit der Nichtkarbonathärte werden Calcium- und Magnesiumverbindungen in den Boden bzw. das Substrat eingebracht, die z.T. von der Pflanze als Nährstoff genutzt werden können. Die Hydrogenkarbonate dagegen üben mit zunehmender Konzentration im Boden einen schädlichen Einfluß auf das Wurzelsystem der Pflanze aus. Zum einen kann die Aktivität der Cytochromoxidase des Wurzelsystems gehemmt werden und es können keine Nährstoffe mehr aufgenommen werden, zum anderen kann es zu Ausfällungen von $CaCO_3$ um den Wurzelzylinder herum kommen und in der Folge stirbt die Wurzel ebenfalls ab.

Welche Bedeutung hat nun die Wasserqualität in der Rebenveredlung selbst. In der Praxis der Rebenveredlung stehen primär sanitäre Maßnahmen und erst sekundär Bewässerungsfragen und damit Fragen der Wasserqualität als Bewässerungswasser im Vordergrund.
Selbstverständlich spielen Wasserinhaltsstoffe dann eine große Rolle, wenn in diesem Wasser Pflanzenschutzmittel gelöst werden sollen und sie dann evtl. mit einzelnen gelösten Stoffen Reaktionen eingehen.
Hierzu wird immer von Praktikern berichtet, daß es beim Ansetzen wässriger Chinosol-Lösungen zu Ausfällungen, Auskristallisationen und zum Aufschäumen der Lösungen kommt.
Ansätze von Chinosol-Lösungen mit steigenden Mengen an Calciumbicarbonat (0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 40^0 dH) zeigen, daß bei 40^0 dH eine sofortige Ausfällung erfolgt, bei 30^0 dH beginnt nach ca. 10 min. ein Auskristallisationsprozess und bei 20^0 dH erkennt man nach ca. 1 h noch feine Kristallnadeln.
Besonders auffallend ist, daß unter dem Einfluß des Becarbonations in der Chinosol-Lösung eine Farbveränderung von ursprünglich zitronengelb nach tiefgelb erfolgt.
Ansätze von Chinosol-Lösungen mit steigenden Mengen an Natriumbicarbonat zeigen ein ähnliches Verhalten. Bei 40^0 dH tritt beim Mischen der Lösung ein starkes Schäumen ein und nach ca. 1 min. beginnt die Ausfällung. Bei 20 und 30^0 dH ist zuerst eine tiefgelbe Verfärbung festzustellen und nach ca. 15 min. setzt der Ausfällungsprozess ein.

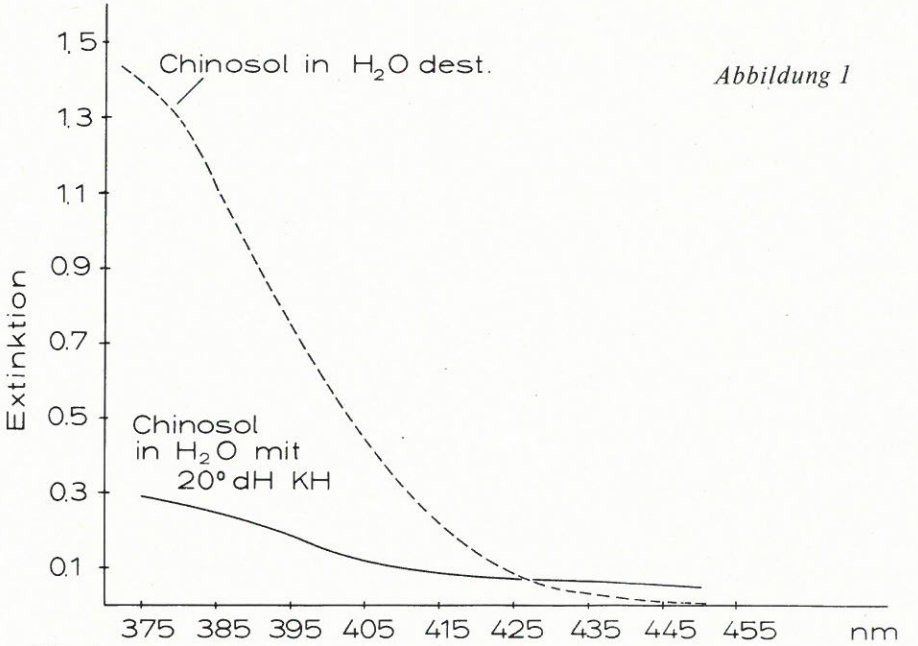


Abb. 1
Absorptionsspektrum einer Chinosol-Lösung mit und ohne Zusatz von Hydrogencarbonat.

Ansätze von Chinosol-Lösungen mit steigenden Mengen an Calchiumchlorid, die Gesamthärten von 0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 40^0 dH entsprechen, zeigen, daß keine Ausfällungen an den Chinosol-Lösungen und auch keine Farbveränderungen auftraten.
Ansätze von Chinosol-Lösungen mit steigenden Mengen an Calciumsulfat, die Gesamthärten von 0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 40^0 dH entsprechen, zeigen ebenfalls, daß keine Ausfällungen an den Chinosol-Lösungen auftreten, ebenso keinerlei Farbveränderungen.
Die visuell festgestellten Farbveränderungen an den Chinosol-Lösungen unter dem Einfluß der Bicarbonationen haben uns veranlaßt, das Absorptionsspektrum einer in destilliertem Wasser bereiteten Chinosol-Lösung und einer mit einem Wasser von 20^0 dH als Karbonathärte angesetzten Lösung zu vergleichen. Man erkennt sehr deutlich, daß die starke Absorption des Chinosols im UV-Bereich unter dem Einfluß der Bicarbonationen verschwindet. (Abb. 1) Das läßt den Schluß zu, daß das Molekül durch Bicarbonationen verändert wird und sogar evtl. seine Wirkstoffeigenschaften verliert. Auffallend ist, daß diese Veränderungen nur durch HCO_3^- hervorgerufen werden, wo hingegen durch SO_4 - und Cl-Ionen derartige Veränderungen der Absorptionseigenschaften nicht festzustellen sind. Welche Forderungen ergeben sich nun aus diesen Untersuchungen für den praktischen Rebenveredlungsbetrieb?
Beim Durchführen der sanitären Maßnahmen sollte aus den verwendeten Wässern zumindest die anteilige Karbonathärte entfernt werden.
Welche Verfahren bieten sich hierzu an?

Methoden der Wasseraufbereitung

1. Entfernung der Karbonathärte

1.1. Umwandlung des Hydrogencarbonats in Gips

Pro zu entfernendem Härtegrad werden 10 cm^3 konzentrierte Schwefelsäure auf 1 m^3 Wasser gegeben. Der Gesamtsalzgehalt des Wasser wird dadurch nicht verringert.
Der Kalk bleibt in veränderter Bindung ($CaSO_4$) im Wasser gelöst.
Kosten: 10^0 dH und 1 m^3 ca. 0,20 DM.

1.2. Ausfällung der Hydrogencarbonate mittels Oxalsäure

Pro zu entfernendem Härtegrad werden 22,5 g Oxalsäure auf 1 m^3 Wasser gegeben. Der Gesamtsalzgehalt verringert sich um den Anteil der entfernten Karbonathärte. Die Kohlensäure bleibt im Wasser zurück.
Kosten: 10^0 dH und 1 m^3 ca. 1,00 DM

2. Teilentsalzung mittels Ammoniumoxalat

Pro zu entfernendem Härtegrad werden 25,3 g Ammoniumoxalat auf 1 m^3 Wasser gegeben. Der Gesamtsalzgehalt vermindert sich. Kalk fällt als Calciumoxalat aus. Es bildet sich, gelöst in Wasser, schwefelsaures Ammoniak $(NH_4)_2SO_4$.
Kosten: 10^0 dH und 1 m^3 ca. 1,30 DM
Das billigste Verfahren ist die Entfernung der Karbonathärte mittels Schwefelsäure. Die im Wasser vorhandenden Hydrogencarbonate werden in Calci-

umsulfat überführt. Wie wir oben gesehen haben, werden durch das Vorhandensein von SO_4-Ionen in Chinosol-Lösung deren Absorptionseigenschaften nicht verändert, so daß auch die gelösten Wirkstoffe voll wirksam werden können.
Von einer Verwendung von Salzsäure sollte Abstand genommen werden. Theoretisch führt der Einsatz von Salzsäure ebenfalls zu einer Umwandlung der Hydrogencarbonate in die entsprechenden Chloride. Die gebildeten Chloride könnten allerdings das Edelreis und die Unterlage beim Weichen schädigen, da die Rebe im allgemeinen als eine nichtchloridverträgliche Pflanze angesehen wird. Sulfate werden dagegen von Pflanzen allgemein sehr gut vertragen.
Die Hydrogencarbonate können auch mit Oxalsäure entfernt werden. Das Verfahren hat den Vorteil, daß die Oxalsäure besser zu handhaben ist, da es sich um pulverförmiges Material handelt. Des weiteren verringert sich der Salzgehalt des Wassers um die entfernte Karbonathärte. Nachteilig dürfte der hohe Preis für die Enthärtung sein.
Schließlich kann auch eine Teilentsalzung mittels Ammoniumoxalat durchgeführt werden. Inwieweit das im Wasser gebildetet Ammoniumsulfat den Veredlungserfolg beeinflußt, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht beantwortet werden.
Bleibt also für Enthärtungsverfahren gegenwärtig nur die Enthärtung mit konzentrierter Schwefelsäure bzw. Oxalsäure.
Um die Enthärtung überhaupt durchführen zu können ist es notwendig, die Wasserbeschaffenheit zu kennen. Im wesentlichen benötigt man nur zwei Kenngrößen:
1. Die Karbonathärte und
2. gegebenenfalls die Gesamthärte

Beide Härten können im praktischen Betrieb einfach und sicher mit Testsätzen festgestellt werden. Diese Reagenziensätze werden in der BRD von der Firma Merck, Darmstadt unter der Bezeichnung "[R] Aquamerck-Reagenziensätze für Wasseranalyse" vertrieben. Es werden sowohl Sätze für die Gesamthärtebestimmung (Best.-Nr. Merck 8011) als auch für die Karbonathärtebestimmung (Merk 8048 oder 11103) angeboten. Außerhalb Deutschlands werden derartige Reagenziensätze von der Firma Hach angeboten.
Mit Hilfe solcher Schnellverfahren ist es auch dem praktischen Betriebsleiter jederzeit möglich, sein Wasser zu untersuchen und mit Hilfe eines geeigneten Enthärtungsverfahrens so aufzubereiten, daß die für die Desinfektion des Rebholzes verwendeten Wirkstoffe voll zur Wirkung kommen können.

Zusammenfassung

Einleitend werden die verschiedenen Wasserinhaltsstoffe aufgezeigt, die die Qualität von Gießwässern beeinflussen. In der Rebenveredlung sind die gleichen Güteanforderungen an Wässer zu stellen, wie im Gartenbau. Von Bedeutung für die Qualität sind die Hydrogencarbonate sowohl der Härtebildner Calcium und Magnesium als auch die der Nichthärtebildner Natrium und Kalium.

In umfangreichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß im Bereich von 15 - 20° dH anteiliger Karbonathärte bei Zusatz von Chinosol Ausflockungen auftreten. Bei Anwesenheit von Natriumhydrogencarbonat kommt es zum Teil zu einem intensiven Aufschäumen.
In Gegenwart von Hydrogencarbonaten verändern sich die Absorptionseigenschaften von Chinosollösungen; die intensive Absorption im UV-Bereich verschwindet. Keinerlei Veränderungen wurden dagegen festgestellt, wenn alle Hydrogencarbonate durch Behandlung mit äquivalenten Mengen Salz- oder Schwefelsäure in die entsprechenden Chloride oder Sulfate überführt wurden.
Zur Vermeidung von Risikten bei Desinfektionsmaßnahmen wird daher empfohlen, in den zur Verwendung kommenden Wässern mindestens die anteilige Karbonathärte zu bestimmen und mit geeigneten Verfahren zu entfernen.
Entsprechende Bestimmungsmethoden und Enthärtungsverfahren werden mitgeteilt.

Résumé

Exigences en matiere de qualite des eaux utilisees en greffage

En introduciton seront montres les differents elements contenus dans l'eau, et qui influent sur la qualite de l'eau d'arrosage. En greffage, de meme qu'en horticulture, il faut determiner ces facteurs importants. A signification particuliere, il faut mentionner les hydrocarbonates aussi bien de Calcium ou de Magnesium que de Sodium ou de Potasse.
Les recherches volumineuses realisees montrent que dans une proportion de 15 - 20° dh (27 - 36° Fh, soit 150 - 200 mg/1 de CaO; ou exprime en millivals: 5,4 - 7,2 mVal) en hydrocarbonates, il y a floculation en presence de Chinosol. En presence d'hydrocarbonate de soude, il se produit un important phenomene de mousse.
En presence dehydrocarbonates, les proprietes d'absorption de la solution de Chinosol sont changees: l'intensive absorption dans l'U.V. disparait. Par contre, par manipulation, si l'on transforme en chlorures ou en sulfates, les hydrocarbonates avec de l'acide chlorhydrique ou sulfurique, en quantite appropriee,aucun change ment ne peut etre mis en evidence.
Pour diminuer les risques lors de la desinfection, il est fortement recommande, lors d'utilisation d'eau, d'en determiner la quantite d'hydrocarbonates, et de l'eliminer par les procedes appropries. Les methodes d'estimation et d'élimination en question, seront expliquées.

Über den Einsatz von modernen Botrytisbekämpfungsmitteln in der Rebenveredlung

Von Prof. Dr. H. BECKER *

Leiter des Institut für Rebenzüchtung und Rebenveredlung, Geisenheim

1. Botrytisinfektion der grünen Triebe bei der Rebenveredlung

Der Befall des in Winterruhe befindlichen für die Rebenveredlung vorgesehenen Holzes durch Botrytis cinerea beginnt während der Vegetationszeit. Starker Botrytisbefall an den Trauben schafft einen großen Infektionsdruck für die Rebtriebe. Die Winter sind in unserem atlantischen Klimabereich feucht und erlauben dem Botrytispilz im Rindenbereich der verholzten Triebe auch in der Ruhepause der Reben sich weiter zu entwickeln. Wir beobachten im Winter in der ehemaligen Traubenzone eine fortschreitende helle Verfärbung des Holzes, die das Wachstum des Pilzes anzeigt. Dabei bleiben auch die Winterknospen nicht verschont. Botrytis wächst in die Knospen ein und setzt sich zwischen den Knospenschuppen und zwischen den Wollhaaren fest. Von da aus kann auch das hellgrüngefärbte Herz oder der Kern der Winterknospe, der die eigentliche Sproßanlage darstellt, infiziert werden. Nach zu kurzem Behandeln der Edlereiser mit Chinosol können Pilze und Bakterien im Rindenbereich und vor allem in der Knospe überhaupt nicht abgetötet werden. Faulende Augen beim Vortreiben und schwarze Augen nach der Lagerung sind meist Folgen der Infektion durch Botrytis und andere Mikroben. Der gleiche Vorgang findet bereits im Weinberg statt. Die Bedingungen für das Wachstum der Pilze und Bakterien sind aber bei der Lagerung von zugeschnittenen Rebholz noch günstiger als am Rebstock im Freien. Was in einem Plastiksack mit mangelhaft desinfizierten Edelreisern vorgeht, die vielleicht auch noch zu warm aufbewahrt werden, zeigt der üble Faulgeruch beim Öffnen der Säcke an. Man kann aber auch fühlen, daß Mikroorganismen verschiedenster Art auf dem Holz wachsen, weil die Oberfläche der Knospen und das Holz schleimig geworden sind. Neben dem Botrytispilz, der immer noch der alte Feind der Rebenveredler ist, sind in letzter Zeit auch andere Pilze in den Vordergrund getreten. Phomopsis viticola, die Schwarzfleckenkrankheit, Alternaria-Pilze, Antraknosebefall und noch unbekannte pilzliche Schädlinge und Bakterien treten an der Borke und in den Knospen auf und können auch in das Rebholz selbst eindringen. Glücklicherweise hindert Chinosol dank seiner breiten fungiziden und bakteriziden Wirkung das Wachstum aller dieser Mikroorganismen. Sachgemäß in Chinosollösung eingeweichtes Holz behält seine schöne, braune, sortentypische Farbe und unterbindet die Entwicklung des Botrytispilzes und anderer Mikroorganismen.

Botrytis und Anthraknose treten in Unterlagenschnittgärten, die kräftig wachsen und gut gedüngt sind, vor allem in feuchten Jahren auf. Bei der Laubarbeit in hochgezogenen Schnittgärten bleiben oft Teile von Geiztrieben und Blättern im Stock hängen. Diese sind Infektionsquellen für den Botrytispilz und Ausgangsorte für den Befall der Triebe und Knoten.

Der Ausgangspunkt der Infektion der grünen Teile der Pfropfreben ist in den Kisten in erster Linie das schlecht desinfizierte Edelreis. Auf diese Tatsache ist

* unter Mitarbeit von Ing. (Grad) G. Eger