

Oenologisches Kompendium

No. 1, I. /2001

ASPEKTE DER CHEMISCHEN ENTSÄUERUNG

Volker Schneider, Oenologisches Institut

In den kühl-humiden Anbaugebieten ist die Säureregulierung der Weine eine gängige Praxis, um das saure Geschmacksbild durch Entfernung überschüssiger Säure zu korrigieren. Dazu stehen biologische und chemische Verfahren zur Verfügung. Der biologische Säureabbau findet besonders bei Rotweinen Anwendung. In Weißweinen kann er mit einer schwerlich vorhersehbaren Veränderung von Sortentyp und Aromaprofil einhergehen, die solche Weine vom gewohnten Typ fruchtiger Aromatik entfernt und mehr dem internationalen Standard annähert. Deshalb sind chemische Entsäuerungen weiterhin Bestandteil des önologischen Repertoires mit dem Ziel, die geschmackliche Kontinuität über die Jahrgänge hinweg herzutellen. Sie umfassen nicht nur die Ausfällung exzessiver Säureüberschüsse in Jungweinen unreifer Jahren, sondern auch leichte Korrekturen des sauren Geschmacksbildes eventuell kurz vor der Abfüllung in Anlehnung an einen vorgegebenen Standard.

Der chemischen Entsäuerung haftet ein tendenziell schlechtes Image an. Vergegenwärtigt man sich die in diesem Zusammenhang häufig begangenen Fehler, ist diese Einstellung teilweise nachvollziehbar. Unsachgemäße Entsäuerungen, insbesondere solche mit kohlenstoffsaurem Kalk, können schwerwiegende Qualitätseinbußen nach sich ziehen. In der Tat gibt es immer noch Erzeuger, die gedankenlos Kalk in ihre Weine einbringen mit der vereinfachten Vorstellung, mit 67 g/hl Kalk ein Gramm Säure zu entfernen. Obwohl diese Berechnung richtig ist, kann der entsäuerte Wein dennoch schlechter bewertet werden. Auch der Hinweis auf die Möglichkeit der Doppelsalz-Fällung löst dieses Problem nicht unbedingt. Die Anwendung von Kaliumhydrogencarbonat kann bei größeren Entsäuerungsspannen Probleme bereiten und läßt sich in ihren Konsequenzen nicht immer mit dem stöchiometrisch abgeleiteten Entsäuerungsfaktor von 0,67 berechnen. Insofern beinhaltet eine Entsäuerung mehr als nur die alleinige Minderung der Säure.

Begriffe und Verfahren

Für die Praxis sind zwei Entsäuerungspräparate von Bedeutung, nämlich Kaliumhydrogencarbonat und Calciumcarbonat (kohlenstoffsaure Kalk). Beim ersteren beruht die Wirkung auf Reaktionen des Kaliums, während im Fall von kohlenstoffsaurem Kalk das darin enthaltene Calcium zur Wirkung kommt. Der Carbonatanteil der beiden Präparate deutet darauf hin, dass es sich um Salze der Kohlensäure handelt. Sie entweichen bei der Entsäuerung praktisch wirkungslos. Sogenannte Spezialkalk zur Doppelsalz-Entsäuerung enthalten zusätzlich bereits vorgegebene Kristalle des angestrebten Doppelsalzes, die dessen Kristallisation erleichtern. Trotzdem handelt es sich auch hier um Calciumcarbonat.

Kohlenstoffsaure Kalk kann auf drei verschiedene Arten angewandt werden: zur Normalentsäuerung, Doppelsalz-Entsäuerung und erweiterter Doppelsalz-Entsäuerung unter Zusatz von Weinsäure (4,8). Der Gesetzgeber hat die Zuhilfenahme von reiner Weinsäure zur Entsäuerung an enge gesetzliche Rahmenbedingungen geknüpft. Deshalb steht ein homogenes Gemisch von Weinsäure und der äquivalenten Menge Kalk als Ersatz zur Verfügung, welches in Deutschland als Malicid® vertrieben wird. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Verfahren bestehen nicht so sehr in der Art des Kalkes, sondern in der Form seiner Anwendung.

Dem Kalium des Kaliumhydrogencarbonats geht als einwertiges Ionen die Fähigkeit zur Bildung eines Doppelsalzes grundsätzlich ab.

Jede chemische Entsäuerung besteht aus zwei Vorgängen:

- die Neutralisation von Säuren zu den entsprechenden Salzen (Kalium- oder Calciumsalze) nach Zugabe des Entsäuerungsmittels, und
- die Ausfällung der gebildeten Salze durch Kristallisation.

Diese Salze sind der Weinstein (Kaliumhydrogentartrat) bei der Anwendung von Kaliumhydrogencarbonat, und Calciumtartrat oder Doppelsalz (Calciumtartratmalat) bei Anwendung von Calciumcarbonat. Der Begriff Tartrat bedeutet nichts anderes als Salz der Weinsäure, während Malat auf den im Doppelsalz enthaltenen Anteil von Äpfelsäure hindeutet.

Weinsäure ist die einzige Säure in Weinen und Mosten, die mit beiden Entsäuerungsmitteln unlösliche Salze bildet. Sie steckt den Entsäuerungsspielraum ab. Selbst Äpfelsäure kann in Form des Doppelsalzes nur in Verbindung mit Weinsäure ausgefällt werden. Deshalb ist die Fällung von Äpfelsäure und damit der maximale Entsäuerungsspielraum bei der Doppelsalz-Fällung an die Menge der momentan vorliegenden Weinsäure geknüpft.

Von der vorhandenen Weinsäure ist nur ein Teil für die Entsäuerung verfügbar. Beim Einsatz von Kalk, unabhängig von der Art seiner Anwendung, ist es jene Menge, die 1 g/l übersteigt. Das heißt, 1 g/l soll als Restweinsäure verbleiben. Kommt Kaliumhydrogencarbonat zum Einsatz, sollte eine Restweinsäure von $1,5 \pm 0,3$ g/l kalkuliert werden. Dieser Wert bezieht sich auf unfiltrierte Weine bei gängiger Kellertemperatur und ist empirischer Natur. Werden besondere Maßnahmen zur Weinsteinstabilisierung in Verbindung mit Kälte getroffen, kann auch hier eine Restweinsäure von ca. 1 g/l den Berechnungen zu Grunde gelegt werden (7).

Entsäuerungen mit kohlensaurem Kalk

Die **Normalentsäuerung** mit Calciumcarbonat erfolgt durch Einrühren des Kalkes in die Gesamtmenge. Ziel ist eine Ausfällung von Weinsäure als Calciumtartrat im Rahmen der momentan vorliegenden Weinsäure abzüglich 1 g/l. Bei einem Weinsäuregehalt von beispielsweise 3,5 g/l können auf diesem Weg nur 2,5 g/l entfernt werden. Zur Ausfällung von 1 g/l Weinsäure werden theoretisch 0,67 g/l Kalk benötigt, wobei in der Praxis ein Wert von 0,70 g/l realistischer ist.

Bei der **Doppelsalz-Entsäuerung** wird außer der Weinsäure auch Äpfelsäure erfasst. Damit erweitert sich der Entsäuerungsspielraum. Das entstehende Calciumsalz besteht zu ca. 60 % aus Weinsäure und 40 % aus Äpfelsäure. Auch hier sind zur Entfernung von 1 g/l Gesamtsäure 0,7 g/l Calciumcarbonat nötig. Die Anwendung ist jedoch anders. Da sich das Doppelsalz nur bei einem erhöhten pH-Wert von über 4,5 bilden kann, wird eine Teilmenge überentsäuert. Diese Teilmenge errechnet sich als

$$TM = \frac{E \cdot 100}{GS - 2}$$

wobei TM = Teilmenge in % der Gesamtmenge, E = Entsäuerungsspanne und GS = Gesamtsäure sind. Die maximale Entsäuerungsspanne beträgt

$$E_{\max} = \frac{(GS \times (WS - 1))}{(GS - WS)},$$

wobei WS = Weinsäure und 1 den zu belassenden Weinsäurerest von 1 g/l darstellen.

Beispiel: Ein Wein weist 12,5 g/l Gesamtsäure auf bei einem Weinsäuregehalt von 3,2 g/l. Die maximal mögliche Entsäuerungsspanne beträgt

$$E_{\max} = \frac{(12,5 \times (3,2 - 1))}{(12,5 - 3,2)} = 3,0 \text{ g/l}$$

Die Teilmenge beträgt in diesem Fall

$$TM = \frac{3,2 \cdot 100}{12,5 - 2} = 30,5 \%$$

und der Bedarf an Kalk ist $3,2 \cdot 0,7 = 2,24$ g pro Liter Gesamtmenge.

In der praktischen Durchführung wird die berechnete Menge Kalk vorgelegt und die Teilmenge unter Rühren hinzugepumpt. Ein intensives Rühren ist wichtig, um die entstehende Kohlensäure auszutreiben und den pH-Wert über 4,5 zu halten. Nur so kann sich das Doppelsalz bilden. Bevor die überentsäuerte Teilmenge mit der Restmenge verschritten wird, müssen die ausgefallenen Kristalle unbedingt abgetrennt werden. Das kann geschehen mittels Kieselgurfilter, Hefefilter oder Zentrifuge. Auch ein sauberes Abziehen ohne Filter ist nach einer mehrstündigen Sedimentation möglich. Dabei ist es wichtig, dass keine Kristalle in die Restmenge gelangen. Sie würden sich dort auflösen unter Erhöhung des Calciumgehaltes im Wein, der sich in der Folge wie überentsäuert präsentieren würde: Pappiger Geschmack und eine spätere Nachfällung von Calciumtartrat, eventuell erst auf der Flasche.

Der **erweiterten Doppelsalz-Entsäuerung mit Weinsäurezusatz** liegt das gleiche Prinzip zu Grunde. Das Besteckende an der Methode ist, dass beliebig weit entsäuert werden kann unabhängig vom Weinsäuregehalt, da Weinsäure der überentsäuerten Teilmenge zugesetzt wird. Die Teilmenge wird wie bei der einfachen Doppelsalz-Entsäuerung berechnet. Der Weinsäurezusatz ergibt sich aus

$$WZ = E - WS + 1 - \frac{E \cdot WS}{GS-2}$$
 in g/l bezogen auf die Gesamtmenge,

wobei wiederum E = Entsäuerungsspanne, WS = Weinsäure, GS = Gesamtsäure und WZ = Weinsäure-zusatz in g/l bezogen auf die Gesamtmenge sind.

Die Kalkmenge beträgt $(E + WZ) \cdot 0,7$ g/l, ebenfalls bezogen auf die Gesamtmenge.

Wie bei der einfachen Doppelsalz-Entsäuerung wird auch hier die Teilmenge unter Rühren zum Kalk gepumpt. Erst nach Abklingen der Schaumbildung wird die Weinsäure langsam und portionsweise in die überentsäuerte Teilmenge eingerührt. Dabei kommt es zu einem erneuten Aufschäumen. Würde man die Weinsäure vor oder mit dem Kalk vorlegen, könnte das gewünschte Entsäuerungsziel nicht erreicht werden, da der pH-Wert in der Teilmenge nicht hoch genug ansteige, um die Bildung des Doppelsalzes zu gewährleisten. Alle weiteren Schritte sind identisch mit denen der einfachen Doppelsalz-Entsäuerung.

Bei der **erweiterten Doppelsalz-Entsäuerung unter Zusatz eines homogenen Gemischs von Weinsäure und Kalk (Malicid)** wird die Weinsäure nicht als solches zugegeben, sondern in Form des genannten Gemisches (11). Die Teilmenge wird berechnet wie vorgehend berechnet. Die vorzulegende Kalkmenge beträgt jedoch nur $E \cdot 0,7$ g/l (E = Entsäuerungsspanne), da das für die Neutralisation der in Form von Malicid zugesetzten Weinsäure erforderliche Calciumcarbonat bereits in dem Gemisch enthalten ist.

Der Gemisch-Zusatz zur überentsäuerten Teilmenge errechnet sich demnach als

$1,7 \cdot [(E - WS + 1 - ((E \cdot WS) : (GS - 2))]$, in g/l bezogen auf die Gesamtmenge.

Das Vorgehen in der Praxis erfolgt wie bei der erweiterten Doppelsalz-Entsäuerung mit Weinsäure-zusatz, wobei die Weinsäure durch die berechnete Menge Malicid ersetzt wird.

Im Einzelfall sind geringfügige Abweichungen in den Berechnungen möglich, insbesondere was die zu belassene Restweinsäure betrifft, die hier auf 1 g/l festgelegt wurde.

Wartezeit nach Kalk und Geschmack nach Entsäuerung

Wird die Restweinsäure nicht berücksichtigt, entsäuert man über die fällbare Weinsäure hinaus. Dabei kommt es zu sensorischen Konsequenzen, die über die Minderung der Säure hinausgehen. Bei der Anwendung von Calciumcarbonat wird die angestrebte Säureminderung als solches bereits durch die Neutralisation von Säure erreicht. Sie stellt sich sofort ein. Steht aber nicht genügend fällbare Weinsäure zur Ausfällung des Calciums zur Verfügung, bleiben die gebildeten Calciumsalze in Lösung erhalten und teilen sich geschmacklich mit. Es entsteht ein pappiger, reibender oder mehliges Nachgeschmack, der typisch für schlecht entsäuerte Weine ist und die Weinentsäuerung mit Kalk in Verruf gebracht hat. Mitunter wird dieser Geschmack nicht oder nicht richtig erkannt und mit dem von flüchtiger Säure oder Gerbstoff verwechselt. Solche Weine enthalten stets mehr als 200 bis 250 mg/l Calcium, während sich die natürlichen Calciumgehalte in einem Bereich von nur 60 bis 100 mg/l Ca^{++} bewegen. Mit der Richtigkeit des Entsäuerungsfaktors von 0,67 bzw. 0,70 hat dies nichts zu tun (6,7).

Der Geschmack nach Calcium ist die bleibende Folge einer unsachgemäßen Anwendung von kohlen-saurem Kalk. Aber auch nach sachgemäß durchgeführten Entsäuerungen dieser Art fällt das einge-brachte Calcium keineswegs sofort und vollständig aus. Es bedarf vielmehr einer Phase der Nachkris-tallisation von ein bis zwei Monaten, während der es sich langsam bis auf Werte um oder unterhalb des Geschmacksschwellenwertes abreichert. Die ursprünglich niedrigen Werte vor der Entsäuerung werden ohne gezielte Maßnahmen jedoch nicht erreicht. Im Allgemeinen bleibt ein Restcalciumgehalt um 200 mg/l Ca^{++} erhalten.

Die Phase der Nachkristallisation führte zur klassischen Sechs-Wochen-Regel. Die genaue Dauer ist schwer zu normen. Grundsätzlich läuft die Reaktion im filtrierten Wein schneller ab. Kälte ist der Kris-tallisation von Calciumtartrat weniger förderlich als der von normalem Weinstein, dem Kaliumhydro-gentartrat. Besonders wenn die sensorische Sensibilität für erhöhte Calciumgehalte fehlt, hat die analy-tische Bestimmung des Calciums eine wichtige Aufgabe zu erfüllen, die meist vernachlässigt wird. In der Tat liegt die Problematik der Entsäuerung mit Kalk in all seinen Anwendungsvarianten im Restcal-ciumgehalt.

Wird die erforderliche Wartezeit bis zur Abfüllung nicht eingehalten, erfolgt die Ausscheidung als Calciumtartrat auf der Flasche. Solche Ausfällungen präsentieren sich in abgefüllten Weinen als kleine runde Kristalle, die sich in Schwefelsäure nicht auflösen. Der Versuch, die nachträgliche Kristallisation von Calciumtartrat mittels Metaweinsäure zu unterbinden, konserviert die geschmacklich störenden Calciumgehalte auf ihrem hohen Niveau.

DL-Weinsäure zur Fällung überschüssigen Calciums

Grundsätzlich verläuft die Kristallisation von Calciumtartrat schleppender als die von Kaliumhydrogentartrat. Allein durch Kühlung kann sie nicht wesentlich verbessert werden. Im Gegensatz zum normalen Weinstein, der durch Kälte relativ leicht stabilisiert werden kann, ist die Kristallisation von Calciumtartrat eine endotherme Reaktion, d. h., sie benötigt Energie in Form von Wärme. Während sich einerseits durch Kühlung die Löslichkeit des Calciumtartrats verringert, wird andererseits die zur Kristallisation nötige Energie entzogen. Deshalb läuft die spontane Kristallisation überschüssigen Calciumtartrats am besten bei normaler Kellertemperatur oder sogar leicht erhöhter Temperatur (20°C) ab. Die Anwendung des Kontaktverfahrens unter Einsatz von Impfkristallen aus Calciumtartrat in Verbindung mit Kälte ist möglich, wobei eine wesentlich längere Kontaktzeit als zur Stabilisierung von Kaliumhydrogentartrat erforderlich ist.

Bei einer gegebenen Temperatur ist die Calcium-Instabilität naturgemäß um so ausgeprägter, je höher der Calciumgehalt. Dieser naheliegende Zusammenhang wird aber überlagert durch den Effekt des pH-Wertes. Mit zunehmendem pH nimmt die Löslichkeit des Calciumtartrats rapide ab und der Wein wird instabiler. Ausscheidungen von Calciumtartrat in Flaschen treten im Allgemeinen erst bei pH-Werten über 3,5 auf. Weine können als stabil angesehen werden, wenn das Produkt aus Calciumgehalt (g/l) und pH-Wert nicht größer als 0,4 ist.

Zur nachträglichen Entfernung störend hoher Calciumgehalte ist die DL-Weinsäure von Interesse. Im Gegensatz zur natürlich vorkommenden L-Weinsäure besteht sie aus einem Gemisch beider optisch aktiven Formen der Weinsäure. Dabei geht es über die Kristallstabilisierung hinaus auch und besonders um sensorische Effekte. DL-Weinsäure wird bei normaler Kellertemperatur in den filtrierten Wein eingerührt. Ihre Wirkung beruht darauf, dass sie mit Calcium ein unlösliches Salz namens Calciumuvat bildet, dessen Löslichkeit ungefähr zehnfach geringer als die des Calciumsalzes der natürlichen L-Weinsäure ist. Aufgrund der beschränkten Löslichkeit fällt das Salz innerhalb von ein bis zwei Wochen aus. Zur Fällung von 1 mg Calcium sind 3,6 mg DL-Weinsäure erforderlich. Es darf nur so viel DL-Weinsäure zugesetzt werden, das nach Ausscheidung des Calciumuvates noch 50-80 mg/l Calcium im Wein verbleiben. Vor der Behandlung ist daher eine genaue Calciumbestimmung zwecks Berechnung der Aufwandmenge erforderlich. Im Überschuß zugesetzte DL-Weinsäure führt zu einer dauerhaften Instabilität, da schon eine geringe Calciumaufnahme wie zum Beispiel aus dem Glas eine Trübung zur Folge hat.

In der Praxis leistet die DL-Weinsäure sehr gute Dienste, wenn sensorisch störende Restcalciumgehalte nach einer Entsäuerung mit Calciumcarbonat entfernt werden sollen.

Entsäuerung mit Kaliumhydrogencarbonat

Das Kaliumhydrogencarbonat (KHCO_3) zeichnet sich gegenüber dem Calciumcarbonat dadurch aus, dass sein wirksames Kation - Kalium statt Calcium - andere chemische und sensorische Eigenschaften aufweist. Kalium ist das wichtigste mineralische Kation im Wein und trägt zu Körper und Fülle bei. Solange die Ausfällung des mit Kaliumhydrogencarbonat eingebrachten Kaliums nicht vollzogen oder aus reaktionskinetischen Gründen unmöglich ist, stört eine damit verbundene Erhöhung des natürlichen Kaliumgehaltes innerhalb gewisser Grenzen sensorisch nicht. Sensorisch störende Gehalte an Restcalcium, das fundamentale Problem aller Entsäuerungen mit kohlensaurem Kalk, treten bei der Entsäuerung mit Kaliumhydrogencarbonat grundsätzlich nicht auf. Deshalb sollte, soweit bei extremen Säureverhältnissen nicht unbedingt Äpfelsäure mittels Doppelsalz-Entsäuerung mitgefällt werden muß, dem Kaliumhydrogencarbonat allein aus sensorischen Gründen der Vorzug eingeräumt werden.

Das so eingebrachte Kalium kann ausschließlich mit Weinsäure in Form von Kaliumhydrogentartrat, dem normale Weinstein, ausfallen. Diese Ausfällung verläuft schneller als die des Calciumtartrats und nimmt in unbehandelten jungen Weißweinen ungefähr zwei Wochen bei Kellertemperatur in Anspruch.

Nach Ablauf dieser Frist ist die ursprünglich vorhandene Weinsteinstabilität bzw. -instabilität wieder erreicht. Durch Zugabe des Weines zum trocken vorgelegten KHCO_3 kann die Kristallbildung beschleunigt werden. Eine nachfolgende Kristallstabilisierung unterliegt den Gesetzmäßigkeiten der üblichen Verfahren der Weinsteinstabilisierung. Durch Kälte, eventuell in Verbindung mit dem Kontaktverfahren, kann die Abfüllbereitschaft innerhalb kürzester Zeit hergestellt werden. Deshalb eignet sich KHCO_3 insbesondere zur Säurekorrektur kurz vor der Abfüllung.

Bekannt ist die Formel, wonach zur Minderung von 1,0 g/l Säure 0,67 g/l KHCO_3 erforderlich sind. Das ist jedoch nur bedingt richtig. Gibt man 0,67 g/l KHCO_3 in den Wein, beträgt die momentane Säureminderung nur 0,5 g/l. Fällt das mit dem KHCO_3 eingebrachte Kalium in einem zweiten Schritt vollständig mit Weinsäure als Weinstein aus, entsteht eine weitere Säureminderung um 0,5 g/l. Der Summenwert von 1,0 g/l Säure ist damit erreicht. Mit anderen Worten, die berechnete Endsäure stellt sich erst dann analytisch nachweisbar ein, wenn der neu gebildete Weinstein vollständig ausgeschieden ist.

Die Ursache dieses Verhaltens ist in dem sauren Charakter des Weinstein zu suchen. Weinstein im Sinn von Kaliumhydrogentartrat ist nämlich ein saures Salz, mit dessen Ausfall Säure aus dem System verschwindet. Dieser Säureverlust ist bereits in dem Entsäuerungsfaktor von 0,67 berücksichtigt. Anders verhält es sich bei der Entsäuerung mit Calciumcarbonat. Die berechnete Endsäure wird sofort nach seiner Zugabe erreicht unabhängig von der Ausscheidung des gebildeten Calciumtartrates. Dieses ist ein neutrales Salz, dessen Kristallisation ohne Auswirkung auf die titrierbare Gesamtsäure bleibt.

Es kommt immer wieder vor, dass sich die berechnete Endsäure auch nach längerer Wartezeit nicht einstellt. In solchen Fällen erweist sich der Entsäuerungsfaktor von 0,67 g/l KHCO_3 als zu gering. Die Erklärung liegt in dem, was man unter fällbarer Weinsäure versteht. Kalium bildet mit der Weinsäure zusammen Weinstein und fällt als solches aus. Der Weinstein hat aber eine gewisse Restlöslichkeit. Ohne kristallisationsfördernde Maßnahmen wie Kühlung, eventuell in Verbindung mit Kontaktverfahren, beträgt diese Restlöslichkeit ca. $1,5 \pm 0,5$ g/l, als Weinsäure berechnet. Gibt man steigende Mengen KHCO_3 in den Wein, fällt die Weinsäure nicht unter diesen Wert ab. Anders gesagt, mit KHCO_3 kann man nur die Weinsäure ausfällen, die den Wert von ca. 1,5 g/l übersteigt, und nur in diesem Fall gilt der Entsäuerungsfaktor von 0,67. Darüber hinausgehende Mengen Kalium bleiben im Wein gelöst erhalten und entsäuern mit dem halben Wirkungsgrad, da die säuremindernde Wirkung des Weinsteinausfalls fehlt. Abhängig davon, wieviel von dem mit KHCO_3 eingebrachten Kalium ausfällt, liegt der Entsäuerungsfaktor zwischen 0,67 g/l (vollständiger Ausfall) und 1,34 g/l (kein Ausfall) (7).

Die beschriebenen Verhältnisse werden durch den pH-Wert weiter differenziert. Er bestimmt, wieviel Prozent der Weinsäure in Form gelösten Weinstein vorliegen. Bei pH 3,65 ist der Weinsteinanteil an der Weinsäure am höchsten. Nach höheren oder niedrigeren Werten zu nimmt er wieder ab. Da die meisten Entsäuerungen bei einem Ausgangs-pH von weniger als 3,65 durchgeführt werden, kommt es dort zu einer Erhöhung des Weinsteinanteils in dem Maße, wie man sich durch steigende Gaben Kaliums dem pH 3,65 nähert. Diese zusätzlich gebildeten Mengen Weinstein fallen aus. Überschreitet man das Weinsteinmaximum bei pH 3,65, wird Weinstein - Kaliumhydrogentartrat (KHT) - durch Neutralisation seines Säurerestes in neutrales Bikaliumtartrat (K_2T) übergeführt. Dieses ist löslich und fixiert das Kalium, das jenseits von pH 3,65 eingebracht wird. Abbildung 1 stellt die Verhältnisse dar.

Eine solche Situation kann sich ergeben, wenn Rotweine nach erfolgtem BSA noch eine Feinentsäuerung mit KHCO_3 erfahren sollen. Der erhöhte pH-Wert vieler solcher Weine führt dazu, dass zusätzlich eingebrachtes Kalium in Lösung verbleibt unter gleichzeitigem Abbau von Weinstein. Folglich erhöht sich der Entsäuerungsfaktor von 0,67 auf 1,34. g/l KHCO_3 pro g/l Gesamtsäure. Auf Grund des damit verbundenen starken Anstiegs von Kaliumgehalt und pH-Wert und der daraus resultierenden mikrobiologischen Instabilität sollten solche Entsäuerungen nur nach Vorversuch und im filtrierten Wein durchgeführt werden.

Die beschriebenen Zusammenhänge verdeutlichen, wie wichtig die Kenntnis des momentanen Weinsäuregehaltes und des pH-Wertes vor der Entsäuerung ist. Unter Beachtung der verfügbaren Weinsäure kann mit KHCO_3 mehr als nur eine Feinentsäuerung durchgeführt werden. Das recht einfache Verfahren kann aber unbefriedigende Ergebnisse bringen, wenn das eingebrachte Kalium mangels Weinsäure grundsätzlich nicht ausfallen kann und dabei von Natur aus hohe Kaliumgehalte noch weiter erhöht werden. Obgleich Kalium sensorisch positiv ist, kann ein geschmacklich als harmonisch empfundenen

Optimum überschritten werden, jenseits dessen sich die Weine als breit, plump oder gar seifig präsentieren.

Das Weinsäure-Äpfelsäure-Verhältnis

Weinsäure und Äpfelsäure sind die beiden mengenmäßig wichtigsten Säuren im Most. Nur in Mosten aus von Botrytis befallenem Lesegut kommen einige weitere, aus dem Stoffwechsel der Pilze resultierende Säuren hinzu, deren Konzentration durchaus den Bereich von einigen g/l erreichen kann. Mit der Gärung entstehen zusätzliche Säuren, deren Gesamtkonzentration jedoch 1 g/l kaum überschreitet, sofern kein biologischer Säureabbau (BSA) stattfindet.

Nehmen wir nun der Einfachheit halber an, das Säuregemisch in Most und Wein (ohne BSA) bestünde wirklich nur aus Wein- und Äpfelsäure, was für gewisse technische Betrachtungen durchaus zulässig ist. Nicht zulässig und absolut falsch ist es jedoch, die Äpfelsäure als die Differenz zwischen Gesamtsäure und Weinsäure anzusehen oder Wein- und Äpfelsäure zur Gesamtsäure summieren zu wollen. Warum? Das, was wir gemeinhin als Gesamtsäure bezeichnen, ist nur die Summe aller freien, nicht zu Salzen neutralisierten Anteile der Einzelsäuren, das heißt der freie Anteil der Äpfelsäure, der freie Anteil der Weinsäure, usw. Jede der einzelnen Säuren weist einen neutralisierten Anteil auf, der nicht in die titrierbare Gesamtsäure eingeht, weil er ein Salz und keine Säure ist. Bei der individuellen Bestimmung der Einzelsäuren mit kolorimetrischen, enzymatischen oder chromatographischen Methoden werden hingegen jeweils ihre freien und neutralisierten Anteile erfasst. Deshalb ist die Summe der Einzelsäuren stets größer als die titrierbare Gesamtsäure. Das erklärt, warum ein Most mit 12,0 g/l Gesamtsäure und 5,0 g/l Weinsäure nicht 7,0 g/l Äpfelsäure aufweist, sondern mehr.

Jedes Jahr zur Lesezeit wird in Hinblick auf bevorstehende Entsäuerungsmaßnahmen besonders in den nördlichen Anbaugebieten über den so populären Weinsäure-Anteil spekuliert. Es handelt sich dabei um eine Verhältniszahl, die versucht, die zu erwartende Weinsäure aus der Gesamtsäure abzuleiten. Spricht man von einem Weinsäure-Anteil von 50 %, erwartet man so bei 16 g/l Gesamtsäure eine Weinsäure von 8 g/l. Davon wären 7 g/l mittels Normalentsäuerung und ca. 12 g/l mittels Doppelsalz-Entsäuerung zu entfernen. Leider streut der Weinsäure-Anteil in einem breiteren Schwankungsbereich als gemeinhin angenommen. Bei einer offiziellen Prognose von 50 bis 60 % konnten so in Einzelfällen nur 35 - 40 % Weinsäure-Anteil beobachtet werden. Deshalb sollte bei starken Mostentsäuerungen die Auswahl des Verfahrens auf einer vorgängigen Bestimmung der Weinsäure in g/l aufgebaut werden. Das Weinsäure-Äpfelsäure-Verhältnis stammt aus einer Zeit, zu der die Weinsäurebestimmung noch nicht zum gängigen Repertoire der Weinanalytik gehörte.

Nichtsdestoweniger ist es zutreffend, dass in schlechten Jahrgängen mit hoher Mostsäure der Weinsäure-Anteil tendenziell niedriger und in reifen Mosten höher ist. Woran liegt das? Die Weinsäure ist biologisch recht inert und wird während der Reife der Traube nur langsam oder kaum abgebaut. Ausgedrückt in g/l, ist sie in allen Mosten relativ gleichbleibend und wenig abhängig vom Reifegrad. Leicht veratmet wird hingegen die Äpfelsäure. Reife Moste weisen wenig und unreife Moste entsprechend mehr Äpfelsäure auf. Es sind in erster Linie stark unterschiedliche Äpfelsäuregehalte, die für die starken Schwankungen der Gesamtsäure verantwortlich sind bei relativ konstanter Weinsäure (in g/l). Ist die Äpfelsäure hoch, gilt dies auch für die Gesamtsäure, und damit ist die Weinsäure prozentual niedriger.

Während das Weinsäure-Äpfelsäure-Verhältnis in Mosten nur bedingt brauchbar ist, entbehrt es im Wein jeglicher Grundlage. Während und nach der Gärung fallen erhebliche Mengen von Weinsäure als Weinstein aus. Die danach verbleibende Weinsäure ist von einer Vielzahl von Größen abhängig, die den Weinsteinausfall kontrollieren, allen voran Kaliumgehalt, Trub- und Kolloidbelastung sowie Temperatur und Alkoholgehalt. Deshalb ist es völlig unmöglich, aus dem Weinsäure-Anteil des Mostes, sei er im Einzelfall noch so zutreffend, auf den Weinsäuregehalt des Weines zu schließen. Weil dies zu wenig beachtet und die Bestimmung der Weinsäure oft als überflüssige Abstraktion betrachtet wird, gibt es immer noch zahlreiche Weine, die sich nach einer Entsäuerung anders präsentieren als erwartet.

Beispiel 1: Nach einer Weinentsäuerung mit Kaliumhydrogencarbonat ist die Säureminderung nur halb so hoch als berechnet, und der Wein wird plumper. Grund ist, dass das eingebrachte Kalium mangels fällbarer Weinsäure nicht als Weinstein ausfällt, sondern im Wein erhalten bleibt.

Beispiel 2: Nach einer Entsäuerung mit kohlenstoffsaurem Kalk wird zwar die berechnete Endsäure erreicht, der Wein schmeckt jedoch pappig und abrasiv - nach Calcium -, weil die Weinsäure nicht zur Fällung des mit dem Kalk eingebrachten Calciums ausreichte. Eine systematische Bestimmung der Weinsäure in Zusammenhang mit Entsäuerungen würde so manches sensorische Phänomen erklären.

Sensorische Bedeutung und önologische Differenzierung des Kaliums

Korreliert man aus einer Vielzahl von Weinen die Intensität des sauren Geschmacks mit analytischen Parametern, stellt sich die titrierbare Gesamtsäure als zuverlässigster Parameter zur Charakterisierung dieser Sinneswahrnehmung heraus. Doch das Kalium hat mit seinen Salzen einen Eigengeschmack, der besonders die saure Geschmackskomponente teilweise maskieren kann (2,3,7). Durch Zeitpunkt und Art der Entsäuerung kann sein Gehalt wesentlich beeinflusst werden mit der Folge, dass eine gegebene Endsäure unterschiedlich sauer schmecken kann.

Der Kaliumgehalt im frisch gepressten Most wird von einer Reihe weinbaulicher und damit auch jahrgangsabhängiger Faktoren beeinflusst. Während der Reife nimmt er mit steigendem Mostgewicht zu. Schwere wasserhaltige Böden führen zu einer höheren Kaliumeinlagerung in der Traube als leichte Böden oder gar solche mit hohem Skelettanteil. Die Bodenfeuchte ist von erheblicher Bedeutung für Mobilisierung und Aufnahme des Kaliums. Niederschlagsreiche Witterung, besonders während der Reifephase, treibt den Kaliumgehalt stark in die Höhe, während sich trockene Jahrgänge durch geringe Kaliumgehalte auszeichnen.

Vorlaufmost enthält weniger Kalium als der Pressmost. Maischestandzeit während einigen Stunden erhöht den Kaliumgehalt um 5 - 20 % durch Extraktion aus der Beerenhaut. Damit einher geht ein Verlust an titrierbarer Gesamtsäure in der Größenordnung von 1 g/l (10). Mechanische Belastung der Maische durch Rühren und Pumpen führt zu einer weiteren Kaliumanreicherung. Deshalb weisen Rotweine tendenziell höhere Kaliumgehalte als Weißweine auf.

Weiterhin ist eine Abhängigkeit von der Rebsorte zu beachten. Unter vergleichbaren Bedingungen liefert der Riesling Moste und Weine am unteren Ende der Skala, während zum Beispiel der Graue Burgunder zu recht hohen Kaliumgehalten tendiert.

Aus der Vielzahl der Einflußfaktoren wird verständlich, dass der Kaliumgehalt frisch gepresster Moste innerhalb eines breiten Schwankungsbereiches von 1000 - 2500 mg/l streut. Das entspricht einer Säure von 1,9 - 4,8 g/l (als Weinsäure), die hierdurch neutralisiert wird. Dem gegenüber treten die anderen mineralischen Kationen wie Calcium und Magnesium in den Hintergrund.

Während und nach der Gärung fallen beachtliche Mengen Weinstein aus. Der Weinstein ausfall gibt sich in einer Abreicherung von Weinsäure, Kalium und Gesamtsäure zu erkennen. Mit jedem Gramm Kalium kristallisieren 262 mg Kalium aus. Da die Weinsäure aber nur zur Hälfte neutralisiert ist, scheidet zwangsläufig auch ein halbes Gramm Gesamtsäure aus dem System aus. Daraus ergeben sich für den Weinstein ausfall folgende quantitativen Zusammenhänge im Überblick:

- 1 g/l Weinsäure kristallisiert mit 262 mg/l Kalium zu 1,262 g/l Weinstein unter Verlust von 0,5 g/l Weinsäure, oder:

- Eine Minderung der Gesamtsäure von 1,0 g/l beinhaltet einen Verlust von 2,0 g/l Weinsäure und 524 mg/l Kalium.

- Bezogen auf die Ausscheidung von 1,0 g/l Weinstein ergibt sich daraus eine Minderung der Weinsäure um 0,8 g/l, der Gesamtsäure um 0,4 g/l und des Kaliums um 207 mg/l.

Während des spontanen Weinstein ausfalls nach der Gärung wird in der Praxis eine Minderung der Gesamtsäure von meist 1,5 - 3 g/l beobachtet. Wird durch gezielte Stabilisierungsmaßnahmen die Ausscheidung überschüssigen Weinstens forciert, sind die Verluste entsprechend höher.

Betrachtet man nun einen Most mit einer anzunehmenden Weinsäure von 7,0 g/l und stellt nach dem Weinstein ausfall einen Verlust an Gesamtsäure von 2,5 g/l fest, so geht daraus hervor, dass die Weinsäure um 5,0 g/l auf 2,0 g/l reduziert wurde und gleichzeitig 1310 mg/l Kalium verloren gingen. Tabelle 1 fasst die Zusammenhänge zwischen den Stoffkonzentrationen zusammen

Der während der spontanen Kristallisation im Jungwein zu beobachtende Verlust von Gesamt- und Weinsäure ist unter anderem abhängig vom Ausgangsgehalt an Kalium, welches zur Ausscheidung von Weinsäure als Weinstein zur Verfügung steht. Deshalb weisen Rieslingweine mit ihrem tendenziell geringeren Kaliumgehalt nach dem Weinsteinanfall meist höhere Weinsäuregehalte als solche anderer Rebsorten auf. Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass im Jungwein mehr als die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Gehalte von Weinsäure und Kalium verschwunden ist.

Kommt jedoch eine Mostentsäuerung zum Einsatz, wird ein großer Teil der Weinsäure entfernt. Diese Weinsäure steht zur Bildung von Weinstein und der damit verbundenen Kaliumanreicherung nicht mehr zur Verfügung. Nach starken Mostentsäuerungen tritt deshalb mangels kristallisationsfähiger Weinsäure keine weitere Säureminderung durch Weinsteinanfall mehr ein. Gleichzeitig wird das Kalium auf seinem hohen Ausgangswert fixiert. Wird die Entsäuerung hingegen im Weinstadium durchgeführt, erhält das Kalium die Möglichkeit, sich über den Weinsteinanfall anzureichern. Durch die Wahl des Entsäuerungszeitpunktes besteht also die Möglichkeit, den Kaliumgehalt des Weins wesentlich zu beeinflussen. Darin besteht der grundsätzliche Unterschied zwischen Most- und Weinentsäuerung.

Versetzt man einen Wein mit steigenden Mengen Kalium in der Form seines neutralen Salzes der Äpfelsäure, können bei gleicher Gesamtsäure Unterschiede im Kaliumgehalt von 200 mg/l sensorisch umgesetzt werden. Dieses experimentelle Vorgehen führt zu den gleichen Verhältnissen, die sich einstellen, wenn die Natur Weine mit erhöhtem Kaliumgehalt liefert. Sie werden durch entsprechende Mengen an Äpfelsäure in Lösung gehalten. Die sensorischen Unterschiede äußern sich in einer Zunahme von Parametern wie Körper, Fülle und Öligkeit bis hin zu plump und seifig bei sehr hohen Kaliumgehalten, während die unbehandelte Nullprobe als schlanker, rassiger und filigraner charakterisiert wird. Jede Rebsorte weist ein Kaliumoptimum auf, bei der ihre Weine per Konvention als sortentypisch empfunden werden (5).

Analoge Versuche ergaben, dass eine Erhöhung des Kaliumgehaltes um 500 mg/l bei konstanter Gesamtsäure die Intensität des sauren Geschmacks mindert in einem Ausmaß, welches etwa 0,5 g/l Gesamtsäure entspricht (7). Eine solche Menge Kalium wird entfernt, wenn 1,9 g/l Weinsäure bzw. 0,95 g/l Gesamtsäure über den Weinsteinmechanismus ausscheiden. Werden andererseits im Rahmen einer Mostentsäuerung ca. 2 g/l Weinsäure entfernt, bleibt dem Wein diese Menge von 500 mg/l Kalium erhalten.

Die Beobachtungen verdeutlichen, warum ein Wein bei gleicher Gesamtsäure in Abhängigkeit von seinem Kaliumgehalt unterschiedlich sauer schmecken kann. Über den natürlichen Schwankungsbereich des ursprünglichen Mostkaliums hinaus kann durch die Wahl des Entsäuerungszeitpunktes der Kaliumgehalt der Weine zusätzlich variiert werden.

Zeitpunkt der Entsäuerung

Der Äpfelsäure haftet ein schlechter Ruf an. Die Theorie der harten, grünen Äpfelsäure und der reifen Weinsäure ist eines der sich am hartnäckigsten haltenden Gerüchte in Deutschlands Weinbranche. Der Praktiker klebt allzu leicht an traditionellen, oft emotional begründeten Meinungen und tut sich schwer mit der rationalen Analyse der Hintergründe. In Wirklichkeit sind die beiden Säuren, bezogen auf gleiche Konzentration, geschmacklich nicht voneinander zu unterscheiden (7,9). Der schlechte Ruf der Äpfelsäure ist nicht ihrer Natur, sondern in der Menge begründet, in der sie in unreifen Weinen vorliegt. Die Entfernung eines Teils der Äpfelsäure zu Gunsten von Weinsäure durch eine Doppelsalz-Fällung kann daher kein Grund sein, eine Entsäuerung im Stadium des Mostes durchzuführen. Überschüssige Mengen Weinsäure können mangels Löslichkeit kaum erhalten werden; sie fallen in jedem Fall über den Weinsteinmechanismus aus.

Die Frage, ob eine Entsäuerung im Most- oder Weinstadium durchgeführt werden soll, muß in Funktion des gewünschten Kaliumgehaltes beantwortet werden. Praktisch jede Form der Mostentsäuerung reduziert die Weinsäure so weit, dass der verbleibende Rest zur Fällung von Kalium als Weinstein zu gering ist. Folglich wird das Kalium auf seinem ursprünglich hohen Niveau fixiert und teilt sich geschmacklich mit. Wird die Entsäuerung hingegen in das Stadium des Jungweins hinausgeschoben, fällt zwischenzeitlich ungefähr die Hälfte des Kaliums mit dem Weinstein aus.

Durch die Wahl des Entsäuerungszeitpunktes ist es also möglich, auf den Kaliumhaushalt des Weins Einfluß zu nehmen und dadurch den Wein im gewünschten Sinn zu differenzieren. Bezogen auf eine gleiche Endsäure führt die Mostentsäuerung zu Weinen mit mehr Körper und Gehalt, die Weinentsäuerung zu solchen mit mehr Rasse und Filigranität. Der wesentliche Unterschied liegt im Geschmacksbeitrag unterschiedlicher Kaliumgehalte.

Entsäuerungen im Weinstadium sind oft mit dem Nachteil geruchlicher Folgen in Hinblick auf Aromaverluste verbunden. Aroma verdunstet, weil eine Weinoberfläche vorliegt, die durch Rühren zusätzlich turbulent ist. Deshalb ist es sinnvoll, alle Entsäuerungen bei möglichst niedriger Temperatur durchzuführen, um solche Verdunstungsverluste zu minimieren. Auch die zwangsläufig entweichende Kohlensäure führt zur Auswaschung von Aromen. Insofern ist es grundsätzlich bei allen Weinentsäuerungen und völlig unabhängig von dem Effekt einer Doppelsalz-Fällung vorteilhaft, das Entsäuerungsmittel in einer Teilmenge abregagieren zu lassen, um der größeren Restmenge den Auswascheffekt zu ersparen. Praktisch kann dies erfolgen, indem man das Entsäuerungsmittel vorlegt und den Wein langsam dazu-pumpt. Die Bildung und Entbindung der Kohlensäure findet in der anfänglich in das Gebinde einlaufenden Weinmenge statt. Beide Maßnahmen - Kälte und Teilmenge - haben als angenehmen Nebeneffekt eine schnellere Kristallstabilisierung zur Folge (1). Auf Grund der hohen Konzentration der gebildeten Salze in der Teilmenge wird die Kristallisation beschleunigt.

Über diese Aspekte hinaus ergeben sich weitere Unterschiede zwischen Most- und Weinentsäuerung, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind

Zusammenfassung

Die Weinsäure führt als einzige der Säuren im Wein zur Bildung unlöslicher Salze, in Form derer Säure ausgefällt werden kann. Ihr Gehalt zum Zeitpunkt der Entsäuerung entscheidet darüber, welches Entsäuerungsverfahren zur Anwendung kommt. Das Weinsäure-Äpfelsäure-Verhältnis im Most gibt keine Auskunft über die entsäuerungstechnisch verwendbare Weinsäure im Wein, da sie durch den Weinsteinausfall in unterschiedlichem Ausmaß gemindert wird.

Mostentsäuerung fixiert den natürlichen Kaliumgehalt auf seinem hohen Niveau durch frühzeitigen Entzug der Weinsäure; Weinentsäuerung erlaubt eine Minderung des Kaliums um ungefähr die Hälfte durch den natürlichen Weinsteinausfall. Kalium verleiht dem Wein einen individuell zu bewertenden Körper und maskiert Säure. Somit kann durch den Zeitpunkt der Entsäuerung der Weintyp differenziert werden.

Das Problem aller Entsäuerungen mit Calciumcarbonat besteht in dem Risiko sensorisch störender Gehalte an Restcalcium. Sie können durch eine nachfolgende Behandlung mit DL-Weinsäure entfernt werden. Im Rahmen des Möglichen ist die Entsäuerung mit Kaliumhydrogencarbonat vorzuziehen, wobei Wirkungsgrad und sensorischer Effekt von dem Weinsteinverhalten abhängig sind.

Literatur

1. Friedrich, G. und T. Müller: Neue Verfahren zur Entsäuerung, Teil II. Ziel Weinstabilität. Das Deutsche Weinmagazin No. 3, 28-33, 1999.
2. Münz, T.: Die Kaliumpufferung in Most und Wein. Wein-Wissenschaft, 18, 496-499, 1963.
3. Münz, T.: Die Bedeutung der organischen und anorganischen Kalium-Bindung für die Ausbildung des sauren Geschmacksbildes in Wein. Weinwissenschaft 20, 560-569, 1965.
4. Munyon, J.R. und C.W. Nagel: Comparison of methods of desacidification of musts and wines. Am. J. Enol. Vitic. 28, 79-87, 1977.
5. Schneider, V.: Pufferung und Weinsteinverhalten bei der Entsäuerung mit Kaliumcarbonaten. Diplom-Arbeit, Fachhochschule Wiesbaden 1980.
6. Schneider, V.: Zu saure Weine vermeiden. Die Deutsche Winzerzeitung 12, 26-29, 1994, und 01, 26-28, 1995.
7. Schneider, V.: Kalium: Sensorische Bedeutung und önologische Differenzierung. Die Deutsche Winzerzeitung 7, 36-39, 1998.

8. Seckler, J., W. Pfeifer und M. Perscheid: Entsäuerungen: Formeln und praktische Tips. Der Deutsche Weinbau No. 30, 1355-1356, 1984.
9. von Nida, E. und U. Fischer: Problemfeld Säure. Das Deutsche Weinmagazin No. 9, 32-36, 1999
10. von Nida, E. und U. Fischer: Säuremanagement, Teil II. Genuß ohne Reue. Das Deutsche Weinmagazin No. 10, 28-33, 1999.
11. Würdig, G.: Neue Präparate für die erweiterte Doppelsalzensäuerung. Weinwirtschaft-Technik No. 11, 13-15, 1987.

Tabelle 1: Berechnungen zu Weinsteinausfall und Entsäuerung.
<p>1,0 g KHCO_3 entspricht 391 mg Kalium. 0,256 g KHCO_3 entsprechen 100 mg Kalium. 1000 mg Kalium neutralisieren 1,91 g Säure (als Weinsäure) oder fällen 3,82 g Weinsäure als Weinstein. 1 g KHCO_3 neutralisiert 0,75 g Säure (als Weinsäure) oder fällt 1,5 g Weinsäure als Weinstein. 1 g Weinsäure wird durch 1,34 g KHCO_3 (524 mg Kalium) neutralisiert oder durch 0,67 g KHCO_3 (262 mg Kalium) ausgefällt. Verluste bei Weinsteinausfall: 1 g Weinstein entspricht 207 mg Kalium, 0,79 g Weinsäure und 0,4 g Gesamtsäure. 1,262 g Weinstein entspricht 262 mg Kalium, 1,0 g Weinsäure und 0,5 g Gesamtsäure.</p>

Tabelle 2: Most- oder Weinentsäuerung: Vor- und Nachteile.

Mostentsäuerung	Weinentsäuerung
1. Keine Aromaverluste; die nur schwer flüchtigen Mostaromen werden durch die Kohlensäure-Entbindung nicht ausgewaschen.	1. Die leicht flüchtigen Aromen aus der Gärung werden durch die Kohlensäure-Entbindung zum Teil ausgegast. Der Aromaverlust kann erheblich reduziert werden, indem man bei niedrigen Temperaturen arbeitet und das Entsäuerungsmittel in einer Teilmenge abreagieren läßt.
2. Bewegung des Mostes ist bedeutungslos für die Qualität des Weins.	2. Allgemeine Strapazierung des Weins durch Bewegen, Rühren, Umpumpen. Das Ausmaß ist abhängig von Fingerspitzengefühl und naturwissenschaftlichem Denkvermögen.
3. Die Weinsäure wird so weit entfernt, dass praktisch kein Kalium mehr als Weinstein ausfallen kann. Das Kalium des Mostes bleibt erhalten und teilt sich geschmacklich mit als Körper, Fülle, ölig, die Säure maskierend.	3. Ein großer Teil des Kaliums fällt mit Weinsäure als Weinstein aus. Weniger Kalium verstärkt geschmackliche Eindrücke wie rassig, elegant, nervös, schlank.
4. Es steht mehr Weinsäure zur Verfügung, so dass die Entsäuerung u. U. technisch einfacher und billiger wird.	4. Da die Weinsäure durch den vorausgegangenen Weinsteinausfall bereits stark reduziert ist, muß u. U. eine Doppelsalz-Fällung, eventuell in Verbindung mit Weinsäure-Zusatz durchgeführt werden, wo im Moststadium eine Normalentsäuerung möglich gewesen wäre.
5. Das über Kalk eingebrachte Calcium hat genügend Zeit zur Abreicherung. Minderung der Gefahr von Calciumtartrat-Ausscheidungen auf der Flasche. Geringeres Risiko, dass der Wein nach erhöhtem Restcalcium schmeckt.	5. Zeitverlust durch unterschiedlich lange Wartezeiten, bis das Calcium vom Kalk bzw. das Kalium vom Kaliumhydrogencarbonat ausgefallen ist.
6. Eine Weinsäure von mindestens 5 g/l oder mehr kann stets erwartet werden.	6. Die verfügbare Weinsäure ist nicht vorhersehbar und muß im Einzelfall bestimmt werden.
7. Entsäuerung fällt in die Zeit der Arbeitsspitze im Herbst.	7. Es besteht mehr Zeit, die Entsäuerung sorgfältig, u. U. anhand eines Vorversuchs, geschmacklich zu optimieren.
8. Die gewünschte Endsäure kann in geschmacklicher und analytischer Hinsicht nur ungefähr eingestellt werden.	8. Die gewünschte Endsäure kann in geschmacklicher und analytischer Hinsicht genau eingestellt werden.
9. Durch die frühzeitige pH-Erhöhung bereits im Moststadium besteht die Gefahr eines unerwünschten BSA. Geringere Sicherheit gegen mikrobiologisch bedingte Fehler während der kritischen Phase von Gärung und Jungwein.	9. Die berechnete Endsäure bleibt stabil erhalten. Höhere mikrobiologische Sicherheit durch niedrigen pH-Wert während Gärung und Jungweinstadium.