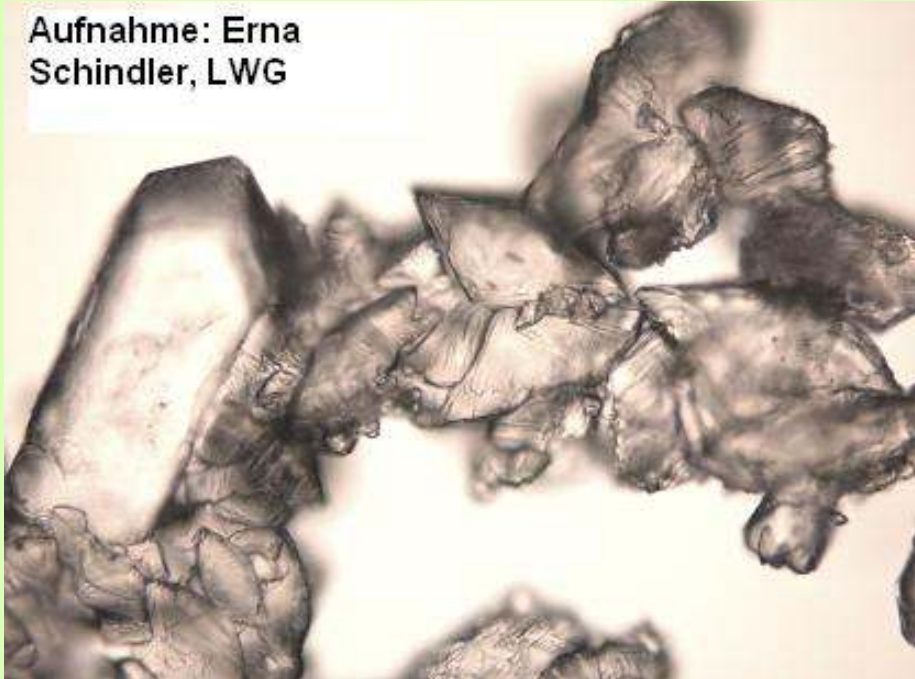


Aufnahme: Erna
Schindler, LWG



Die Weinstein Stabilisierung durch Zusatz von Inhibitoren

Veröffentlichung aus „das deutsche
weinmagazin“, 22/2011

Hans Jürgen Köhler, M. Geßner,
Anita Nagel Derr u. J. Burkert,

Sachgebiet Önologie / Fachzentrum Analytik
Bayer. Landesanstalt f. Weinbau und Gartenbau
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
Tel. 0931 / 9801164; e-mail: hans-juergen.koehler@lwg.bayern.de

Von fachgerecht ausgebauten Qualitätsweinen wird erwartet, dass sie glanzhell ohne Trübung oder Ausscheidungen abgefüllt werden. Trotz aller Sorgfalt beim Weinausbau treten jedoch immer wieder Kristallausscheidungen im abgefüllten Flaschenwein auf. Sofern beim Weinausbau keine Gegenmaßnahmen getroffen werden, trifft dies für Kaliumhydrogentartrat, den „echten Weinstein“, grundsätzlich zu. In einer mehrjährigen Untersuchung prüften die Autoren Hans Jürgen Köhler, Martin Geßner, Anita Nagel-Derr und Johannes Burkert die Zuverlässigkeit des Zusatzes verschiedener Kolloide zur Verhinderung des Weinsteinausfalls.

Andere Kristallausscheidungen treten, wenn man von Extremjahren wie 2010 absieht, eher sporadisch beim Vorliegen bestimmter Voraussetzungen auf. Das Streben nach einem optimalen Produktauftritt lässt keinen Spielraum für Kristallausscheidungen in der „gestylten“ Weinflasche. Möglichkeiten zur temporären oder langfristigen Vermeidung von Weinsteinausscheidungen im abgefüllten Wein sind lange bekannt. Technisch aufwändige Verfahren können aus wirtschaftlichen Gründen in kleinen und mittleren Weinkellereien jedoch keine Anwendung finden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, verschiedene Inhibitoren, d.h. Kolloidzusätze mit stabilisierender Wirkung hinsichtlich ihrer Effektivität, ihrer Handhabung und Wirtschaftlichkeit gegenüber zu stellen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf gesetzlich neu zugelassenen Behandlungsmitteln wie Mannoproteinen und Carboxymethylcellulose (CMC) und deren Wirkung zur Verhinderung der Ausscheidung an „echtem“ Weinstein, der Effekt bei Calciumtartrat wird ebenfalls beleuchtet.

Grundlagen zur Weinsteinausscheidung

Unter Kristallisation werden alle Vorgänge verstanden, die zur Bildung von Kristallen aus einer übersättigten Lösung führen. Die Löslichkeit eines Stoffes wird durch das Verhältnis der Kräfte bestimmt, die die Moleküle innerhalb des Kristalls zusammenhalten und andererseits ihrer Wechselwirkungen mit dem Lösungsmittel. Die Löslichkeit nimmt bei den meisten Substanzen mit sinkender Temperatur des Lösungsmittels ab.

Für Weinstein bedeutet das Folgendes: Zuvor in Wein im Überschuss vorhandene Kalium-Kationen (K^+) und Hydrogentartrat–Anionen (HT^-) ordnen sich in einer regelmäßigen, teils stoffspezifischen Form, dem Kristallgitter an. Diese Kristallbildung beginnt bereits im

abgepressten Traubenmost, sie setzt sich über den ganzen Weinausbau fort bis hin zu den Flaschenweinen.

Wesentlichen Einfluss auf die Kristallneigung beim Wein üben folgende Faktoren aus:

- Gehalte an Kristallisationspartnern (Kationen und Anionen)
- Temperatur
- Alkoholgehalt
- pH-Wert (Säuren und Mineralstoffe)
- Inhibitoren bzw. Komplexbildner

Im Fachlabor oder im Großbetrieb ermöglichen Techniken wie das Minikontaktverfahren oder die Ermittlung der Sättigungstemperatur eine realistische Einschätzung der Ausscheidungsneigung. So lässt sich mit Hilfe einer neuen Generation von Prüfgeräten die Sättigungstemperatur des Weins analog zu GARCÍA-RUIZ (1999) bestimmen. In Abbildung 1 ist der Ablauf der Messung modellhaft dargestellt.

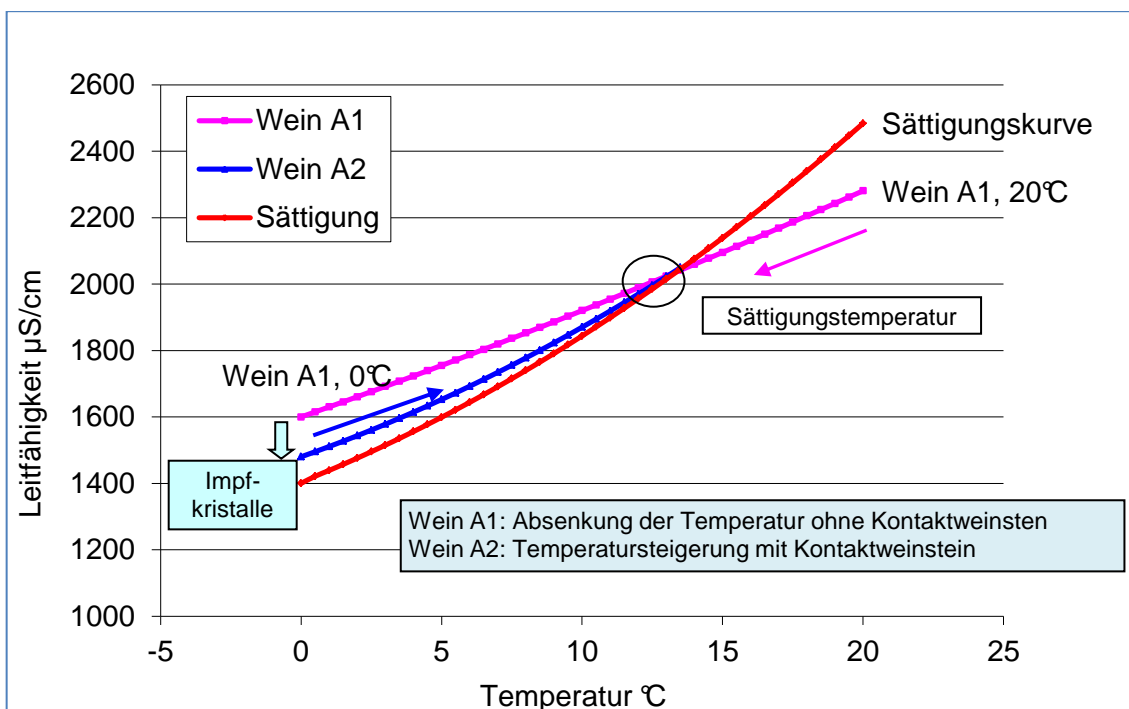


Abb. 1: Modell zur Ermittlung der Sättigungstemperatur

Durch eine schrittweise Temperaturabsenkung der zu untersuchenden Probe wird zunächst der Bereich einer metastabilen Übersättigung erreicht (Wein A1). Nach Erreichen der Zieltemperatur, im Beispiel sind es 0°C , leitet ein Zusatz von 10 g/l Kontaktweinstein und mehr den Kristallisationsprozess ein. Ohne dass das Stabilitätsgleichgewicht erreicht werden muss, beginnt jetzt die Temperierung des Weins (Wein A2). Die langsame Erwärmung und das in Schwebe halten des Kontaktweinsteins gewährleisten dessen

Lösungsprozess. Der Schnittpunkt der beiden Leitfähigkeitskurven mit und ohne Kontaktweinstein definiert die **Sättigungstemperatur**. Sie lässt sich nach Würdig et al. (1980, 1985) wie folgt interpretieren:

Tab. 1: Interpretation der Sättigungstemperatur nach Würdig et al. (1980, 1985)

Sättigungs-temperatur	Max. Unterschreitung bei der Lagerung	Errechnete Grenztemperatur bei der Lagerung
> 14°C	2 - 3°C	11 - 12°C (bei 14°C T _{Sätt})
12 - 14°C	3 - 4 °C	8 - 9°C (bei 12°C T _{Sätt})
10 - 12°C	4 - 5°C	5 - 6°C (bei 10°C T _{Sätt})
8 - 10°C	5 - 6°C	2 - 3°C (bei 8°C T _{Sätt})

Wird die Sättigungstemperatur während der Weinlagerung unterschritten, so soll der Überhang an Weinstein 200 mg/l nicht übersteigen. Andere Autoren weichen in ihrer Interpretation von dieser Empfehlung ab und sehen eine größere Temperaturdifferenz bei Unterschreitung der Sättigungstemperatur während der Lagerung noch als unkritisch an.

Im kleinen oder mittleren Betrieb muss man auf unsichere oder qualitative Tests zurückgreifen. In deren Mittelpunkt steht immer eine mehr oder weniger lange Kaltlagerung. Optionen wie der definierte Zusatz von Weinsäure, Bikaliumtartrat oder Alkohol können den Ausfall beschleunigen und damit die Testdauer verkürzen. Die mit einfachen Mitteln mögliche Bestimmung des Kristallisationsfaktors nach Friedrich (2004) nimmt eine Zwischenstellung ein. Stabilitätsberechnungen, die auf Wasser – Alkoholmodellen beruhen, haben sich nicht bewährt.

Grundsätzlich lässt sich die Weinsteinstabilisierung erzielen durch:

1. eine teilweise Entfernung der am Ausfall beteiligten Inhaltstoffe Weinsäure und Kalium durch technische Verfahren oder auf natürlichem Weg. Zu solchen Maßnahmen zählen das Kältekontaktverfahren, die längere Kaltlagerung oder die Elektrodialyse.
2. den Zusatz von Kolloiden, die das Kristallwachstum unterbinden. In der Untersuchung kamen Carboxymethylcellulose, Metaweinsäure, Mannoproteine und Gummi arabicum zum Einsatz.

Vor der Stabilisierung muss der Wein geschönt, blank filtriert und fertig verschnitten sein, andernfalls ist die Sicherheit eingeschränkt oder stabilisierende Zusätze können eine Eintrübung bewirken.

Metaweinsäure wurde bereits 1956 zur Weinsteinstabilisierung vorgeschlagen. Gemäß VO (EG) 606/2009, Anhang 1A mit Verweis auf VO 479/2008 ist der Zusatz von Metaweinsäure

bis zum Grenzwert von 100 mg/l zulässig bei Wein, Likörwein, Schaum- und Perlweinen, nicht jedoch etwa bei Jungwein. In Jungwein wäre ein Zusatz von Metaweinsäure auch nicht sinnvoll.

Die stabilisierende Wirkung von *Carboxymethylcellulose (CMC)* wurde schon 1984 durch Wucherpfennig nachgewiesen. Aber erst mit Inkrafttreten der neuen EU Weinmarktordnung wurde die Verwendung von CMC gemäß VO (EG) 606/2009, Anhang 1A als neues Verfahren zur Weinsteinstabilisierung bei Wein und allen Kategorien von Schaumwein und Perlwein bis zu einem Grenzwert von 100 mg/l ermöglicht.

Mit der EU-Verordnung 2165/2005 wurden *Mannoproteine* zur Stabilisierung gegen Weinstein- und Eiweißausscheidungen zugelassen, nachdem sie bereits mit der OIV Resolution Oeno 26/2004 in das Sammelwerk der internationalen Analysemethoden für Wein und Most aufgenommen worden waren. Eine Mengenbegrenzung ist nicht vorgesehen.

Als Lebensmittelzusatzstoff wird Gummi arabicum diversen Lebensmitteln als Verdickungsmittel, Emulgator und als Stabilisator zugesetzt (E 414). Es handelt sich um ein natürliches Polysaccharid, das aus dem Harz bestimmter Akazienarten gewonnen wird. Gummi arabicum ist hoch verzweigt, gut wasserlöslich und nicht viskositätserhöhend. Im Vergleich zu Metaweinsäure oder CMC zeigte Gummi arabicum keine überzeugende Wirkung bei der Weinsteinstabilisierung (Dietrich, 2009). In hoher Dosis zugesetzt, scheint ein verzögernder Effekt gegeben zu sein.

Kristallstabilisierende Wirkung zulässiger Kolloidzusätze

Großen weinausbauenden Betrieben stehen mit dem Kältekontaktverfahren und der Elektrodialyse leistungsfähige und effektive Verfahren zur Weinsteinstabilisierung zur Verfügung. In kleinen und mittleren Kellereien nutzt man mitunter die zur Gärtankkühlung verwendete Technik, um in einer längeren Stabilisierungsphase mit niedrigen Lagertemperaturen zumindest einen relativen Schutz vor übermäßigem Weinsteinausfall auf der Flasche zu erreichen. Fehlende Möglichkeiten zum regenerativen Energierückgewinn machen dieses Verfahren teuer und energieaufwändig.

Anhand mehrerer Weine der Jahrgänge 2006 bis 2009 wurde die Stabilisierungswirkung der genannten Kolloidzusätze unter Anwendung verschiedener Prüfverfahren untersucht. Dabei haben sich vor allem ein kurzes Minikontaktverfahren (Check Stab Alfa 2006, DeltaAque, Florenz; siehe hierzu Schmidt, 2009) sowie die Beobachtung des Rückgangs der Leitfähigkeit (LF in $\mu\text{S}/\text{cm}$) während einer längeren Kaltlagerung bewährt.

Gegenüber Weinstein bestätigte sich die hervorragende Stabilisierungswirkung der Metaweinsäure, allerdings auch deren zeitliche Begrenzung. Bei CMC musste mit Zusatzmengen von mindestens 50 mg/l gearbeitet werden, um einen ausreichenden Schutz zu gewährleisten. Dieser war jedoch über einen langen Beobachtungszeitraum unabhängig von der Lagertemperatur gegeben. Ein Beispiel ist in Abb. 2 wiedergegeben.

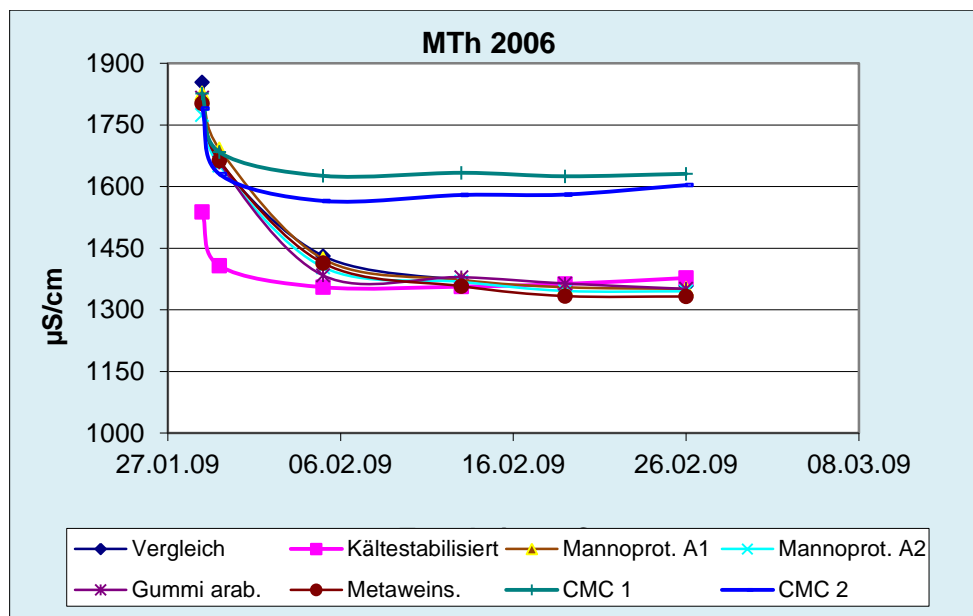


Abb. 2: Leitfähigkeitsmessung im Verlauf einer Kaltlagerung, 2 Jahre nach der Abfüllung

Nur bei einem Wein (Silvaner 2008) und einer dauerhaft niedrigen Temperatur (0 - 1°C) und einer Lagerdauer von 10 Monaten kam es trotz 50 mg/l CMC zum leichten Weinsteinausfall. In diesem Fall reichten 75 mg/l CMC dagegen zur Stabilisierung aus. Auch im Minikontaktverfahren zeigte sich die überlegene Wirkung der CMC-Präparate und der Metaweinsäure (Tab. 2). Gummi arabicum B und Mannoprotein C waren völlig unwirksam, die Mannoproteine A und B minderten die Ausscheidung. Der Stabilisierungseffekt von Gummi arabicum A steht im Widerspruch zu anderen Tests, wo bei längerer Kaltlagerung kein Schutz gegeben war.

Im modifizierten Minikontaktverfahren, bei dem an Stelle von Impfkristallen ein Zusatz von Weinsäure und Bikaliumtartrat erfolgt, war die Differenzierung der Inhibitoren bezüglich ihrer Wirksamkeit weniger klar nachvollziehbar. Bereits ein relativ schwacher Schutz durch Kolloide verhinderte bei diesem Test den Abfall der Leitfähigkeit erheblich. Ein Abfall der Leitfähigkeit deutet auf Kristallausscheidung hin. Zur sicheren Stabilisierung über einen längeren Zeitraum reicht dieser Schutz aber offenbar nicht aus.

Tab. 2: Prüfung des Ausscheidungsverhaltens im Minikontaktverfahren, 2008 Silvaner B

Behandlungsmaßnahme	Änderung LF $\mu\text{S}/\text{cm}$	
	Minikontakt kurz	Minikontakt modifiziert
ohne Zusatz	114,2	58,8
CMC (Walocel CRT 30GA) 50 mg/l	28,9	-4,2
CMC, Präparat B1 50 mg/l	29	-5,8
CMC, Präparat B2 50 mg/l	34,5	-7,9
CMC, Vinostab 50 mg/l	29	-7,1
Metaweinsäure 100 mg/l	13,8	-8,9
Gummi arabicum A 100 ml/hl	32,5	11,8
Gummi arabicum A 300 ml/hl	27	-1,5
Gummi arabicum B 100 ml/hl	110	17,9
Gummi arabicum B 300 ml/hl	111,3	33,3
Mannoprotein A 20 g/hl	77,6	8,9
Mannoprotein A 60 g/hl	43,5	-4,1
Mannoprotein B 125 ml/hl	99,7	32
Mannoprotein B 325 ml/hl	73,4	1,4
Mannoprotein C 30 g/hl	119,7	40,1
Mannoprotein C 90 g/hl	121,4	66

Mit allen derzeit zur Weinbehandlung verfügbaren CMC-Präparaten gelang es, selbst Weißweine mit einer Sättigungstemperatur von mehr als 20°C im Langzeittest zu stabilisieren (Abb.3). Hohe Leitfähigkeitswerte besagten, dass keine Kristallausscheidung stattgefunden hat. Signifikante Unterschiede zwischen den geprüften Produkten waren nicht zu beobachten. Nur bei sehr geringer, unzureichender Dosierung (25 mg/l und 12,5 mg/l) schnitten einzelne CMC-Präparate geringfügig schlechter ab als andere.

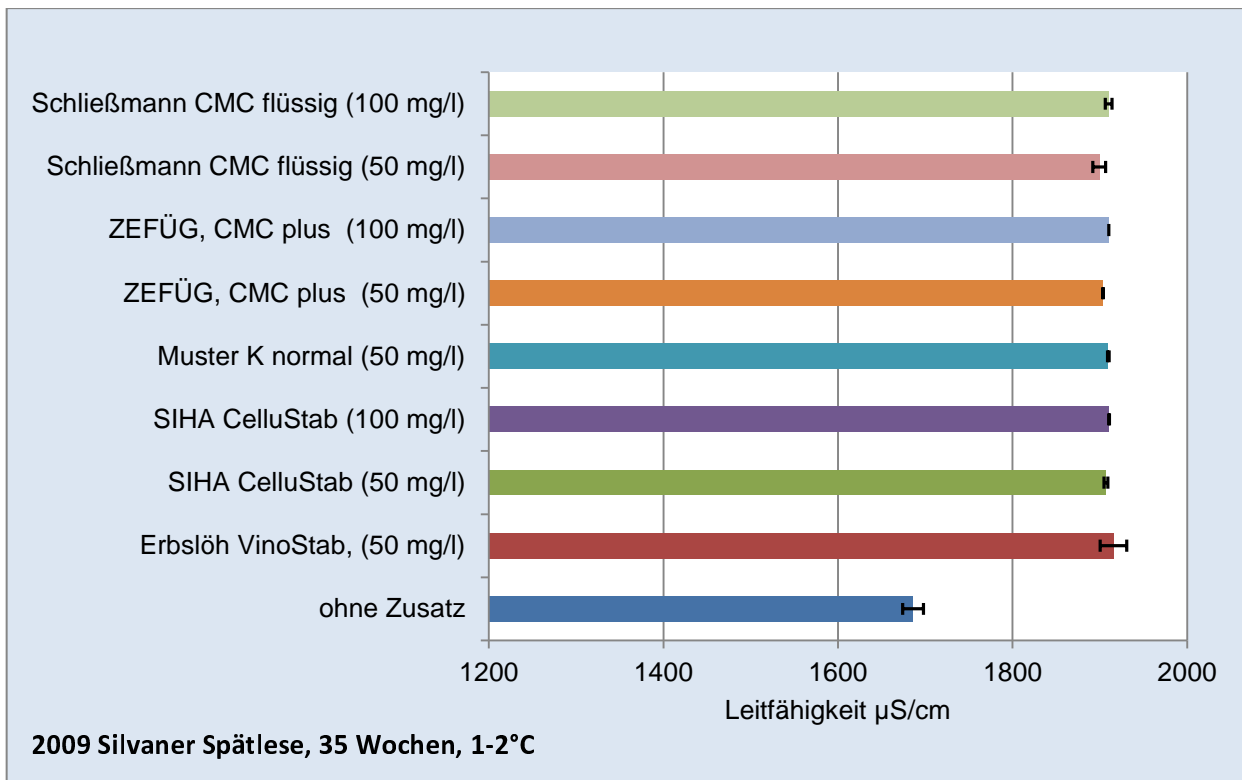


Abb. 3: Stabilisierungseffekt von CMC im Langzeittest, Silvaner 2009, 35 Wochen 1-2°C

Im Gegensatz zu Weinstein konnte die Ausscheidung von Calciumtartrat vermindert oder verzögert, nicht aber unterbunden werden. Dabei war Metaweinsäure kurzzeitig effektiver als CMC, die anderen Zusätze waren völlig wirkungslos.

Wirksamkeitsverluste durch Filtrationsmaßnahmen

Von Metaweinsäure ist bekannt, dass diese Verbindung zu Beginn einer Filtration adsorptiv vom Filtermaterial gebunden und somit ihre Wirksamkeit eingeschränkt wird. In der vorliegenden Untersuchung war nach der Filtration über eine Tiefenfilterkerze, gefolgt vom Membranfilter (0,45 µm) keine Einschränkung der Stabilisierungswirkung von CMC festzustellen. Das Gleiche gilt für Tests mit Flachmembranen im Labormaßstab. Sofern unzureichend gelöste CMC-Präparate vom Filter zurückgehalten werden, ist jedoch mit einem raschen Fouling der Membran und dem Abbruch der Filtration zu rechnen.

Wurden die Weine über Schichten filtriert, kam es anfangs zur Beeinträchtigung der Kristallstabilität. Erst nach 130 – 190 l/m² scheint die Adsorption von CMC an das Filtermaterial erschöpft zu sein. Dabei spielte es keine Rolle, ob CMC einen, drei oder sieben Tage zuvor dem Wein zugegeben wurde (Abb. 4). Geht man von einer Anströmung von ca. 400 l/m²/h aus, so müsste etwa für die Dauer von 20 Minuten mindestens jedoch 10

Minuten durch den Schichtenfilter gekreist werden, bis kein nennenswerter Stabilitätsverlust mehr auftritt.

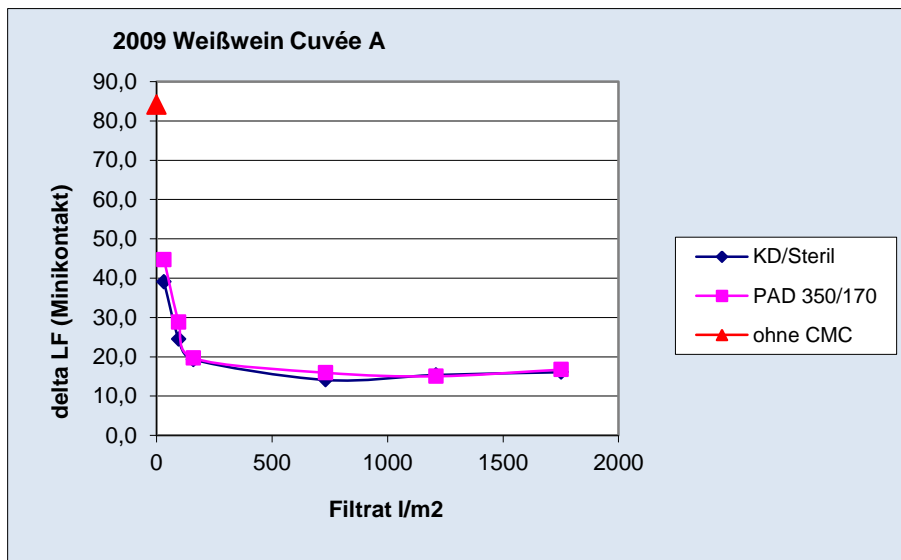


Abb. 4: Änderung des Stabilisierungsverhaltens von CMC im Verlauf der Schichtenfiltration (Minikontaktverfahren, delta LF $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Rückgang der Filterleistung durch CMC

Bei der Verwendung von CMC in ungelöster Form trägt eine ausreichend lange Quellung und ein mehrtägiger Kontakt mit Wein zur erheblichen Verbesserung des Filtrationsverhaltens bei. Bei Verwendung flüssiger CMC-Präparate entfällt die Quelldauer, aber ein mehrtägiger Kontakt mit Wein sollte vor der Filtration dennoch geben sein. Die Verwendung einer angesäuerten Stammlösung ermöglichte eine sofortige Filtration, sofern die Stammlösung 2 - 3 Tage oder länger reifen konnte. Letztlich trägt eine moderate, nicht zu niedrige Filtrationstemperatur zur Leistungssteigerung bei (Abb. 5).

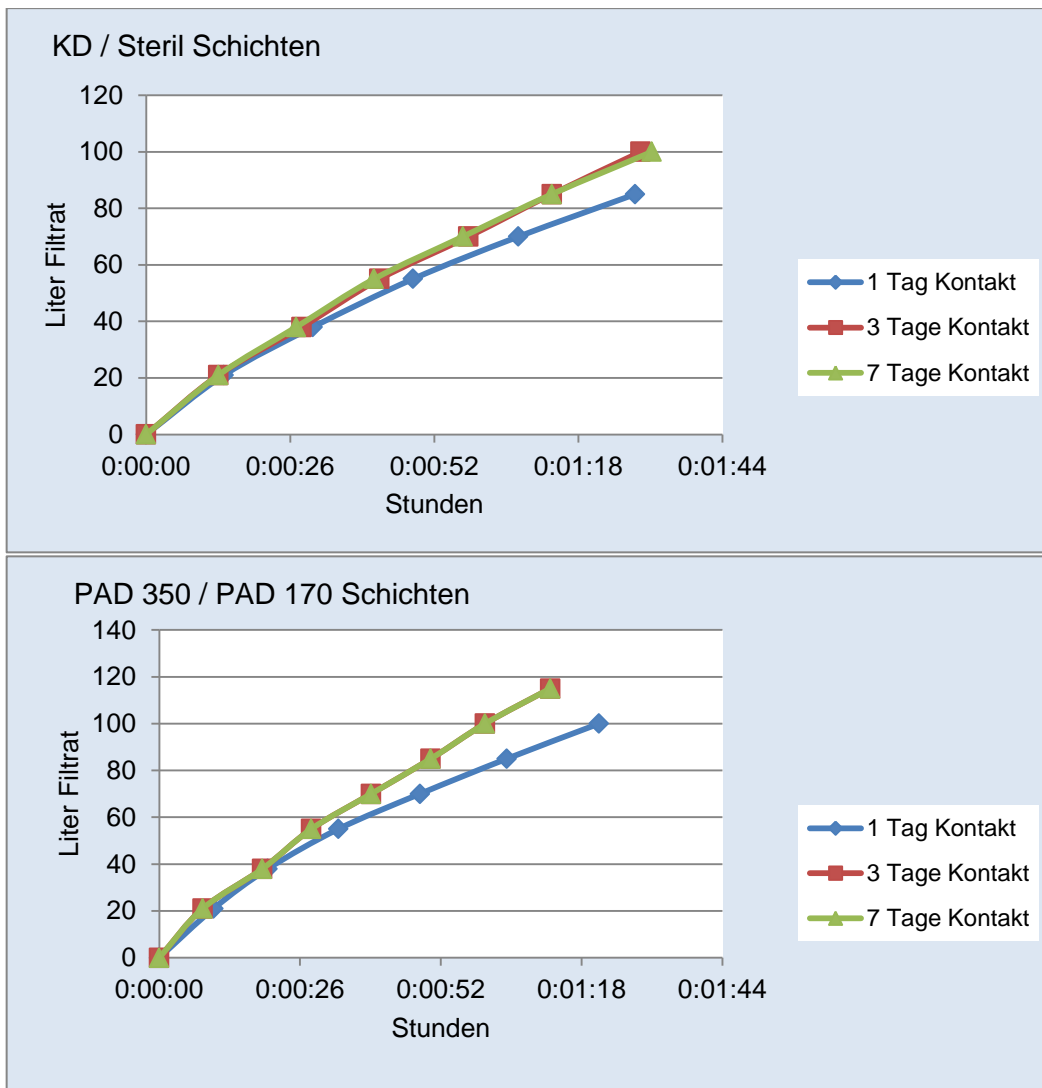


Abb. 5: Einfluss der Verweilzeit von CMC im Wein auf das Filtrationsverhalten

Aber nicht nur CMC, auch Mannoproteine und Gummi arabicum reduzierten die Filterleistung, während der Einfluss von Metaweinsäure zu vernachlässigen war. Parallel dazu wurde ein Anstieg der Trübungswerte durch Kolloidzusätze erkannt. Je nach Intensität dieser Trübung ist mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Beeinflussung der Filtration zu rechnen. Alle CMC-Präparate führten zu einem Anstieg der Trübungswerte in Weißwein, und zwar sowohl in Weinen mit als auch ohne Bentonitbedarf. Dabei unterschieden sich die Präparate geringfügig. Vor allem war jedoch deren Zusatzmenge maßgeblich. Bei niedriger Weintemperatur war die Trübung intensiver. Nach der Abtrennung der Trübung durch Filtration war die Stabilisierungswirkung immer noch gegeben, wobei in der zugrundeliegenden Versuchsserie mit mindestens 50 mg/l CMC gearbeitet worden war. Ein Rotwein trübte sich nach Zusatz von 50 mg/l CMC im Verlauf von Tagen und Wochen ein. Leichte Unterschiede zwischen den verwendeten Präparaten waren erkennbar. Die Anwesenheit von Eichenholztannin und vor allem von Lysozym bewirkten eine starke bzw.

extreme Trübung und auch eine Sedimentbildung. Auch ohne Beteiligung von CMC liefen diese Veränderungen in dann erheblich vermindertem Umfang ab.

Geschmacklicher Einfluss der kolloidalen Zusätze

Mitunter wird der Verwendung von Gummi arabicum oder von Mannoproteinen ein positiver geschmacklicher Einfluss zugeschrieben. Die sensorische Bewertung der Versuchsweine nach dem 5 Punkte Schema der DLG ergab keinerlei Hinweis für einen systematischen Einfluss des einen oder anderen kolloidalen Zusatzes. Auch nach einer Kältestabilisierung waren die Weine völlig unauffällig. Nur bei Müller Thurgau, Jahrgang 2007, schnitt die Variante „Mannoprotein A, 50 g/hl“ schlechter als die anderen Behandlungsmaßnahmen ab.

Die deskriptive Bewertung ließ innerhalb der meisten der hinterfragten Geruchs- und Geschmacksattribute ebenfalls keinen Einfluss erkennen. Nur das Attribut „Hefenote“ wurde tendenziell (Müller Thurgau und Silvaner 2007, 50 g/hl Mannoprotein A) bzw. gesichert (Rotwein 2007, 50 g/hl Mannoprotein A und Müller Thurgau, 2008, 125 ml/hl Mannoprotein B) häufiger genannt.

Kosten der Weinsteinstabilisierung durch kolloidale Zusätze

Abschließend wurde ein Vergleich der Stabilisierungskosten vorgenommen. Sowohl der Zusatz von Metaweinsäure als auch die Verwendung von CMC ist mit Kosten zwischen 0,83 €/1000 Liter (Metaweinsäure) und 3,06 bis 8,35 €/1000 Liter (100 mg/l CMC) der Kältestabilisierung deutlich überlegen. Wegen der Langzeitwirkung sind CMC-Produkte zu bevorzugen. Hierbei ist das Auflösen derart aufwändig, dass mit Flüssigpräparaten gearbeitet werden sollte. Ab einem Weinpreis von 3,00 bis 5,00 €/l verhalten sich CMC-Präparate aufgrund der Volumenmehrung kostenneutral (Tab. 3).

Tab. 3: Kosten bei der Weinstabilisierung durch Zusatz von CMC (100 mg/l)

Bezeichnung	Konzentration	Gebindegröße	Preis je kg (Liter)	Berechnungsbasis	Kosten je 1000 Liter	Belastung (€/1000 l) Weinpreis 3,00 €/L
CMC Produkt A	ca. 5%	5 L	2,39 €	200 ml/hl	4,78 €	-1,22
		25 L	2,03 €		4,06 €	-1,94
CMC Produkt B	ca. 5%	5 L	4,04 €	200 ml/hl	8,08 €	2,08
		25 L	3,01 €		6,02 €	0,02
CMC Produkt C	ca. 7,5%	5 L	2,80 €	130 ml/hl	3,64 €	-0,26
		25 L	2,35 €		3,06 €	-0,85
CMC Produkt D	ca. 10%	5 kg	8,35 €	100 ml/hl	8,35 €	5,35
		21 kg	7,05 €		7,05 €	4,05
CMC Produkt E	ca. 21%	5 kg	9,20 €	47 ml/hl	4,38 €	2,97
		10 kg	8,25 €		3,93 €	2,52
		25 kg	7,45 €		3,55 €	2,14
Metaweinsäure		1 kg	9,70 €	10 g/hl	0,97 €	0,97
		20 x 1 kg	8,30 €		0,83 €	0,83
Mannoprotein	20%	2,5 kg	78,60 €	150 ml/hl	117,90 €	113,40
		20 kg	72,20 €		108,30 €	103,80

Mannoproteine sowie Gummi arabicum sollten nicht mit dem Ziel der Weinstabilisierung zum Einsatz kommen, dazu ist die Wirksamkeit zu unzuverlässig. Die Kosten für eine Kältestabilisierung sind äußerst schwierig einzuschätzen. Jedoch ist von einer weitaus höheren Belastung bezogen auf 1000 Liter Wein auszugehen. Bei einer verarbeiteten Weinmenge von 80000 Liter im Jahr wurde eine fixe Stückkostenbelastung von 12,46 € je 1000 Liter Wein errechnet. Dazu kommen die während der Kühlung anfallenden Energiekosten, die je nach Strompreis zwischen 2,01 und 2,77 €/1000 Liter ausmachen, ohne dass der Aufwand für die notwendige Dauer der Kühlung hierbei berücksichtigt wurde.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen zum Stabilisierungsverhalten kolloidaler Zusätze bestätigten die literaturbekannten Aussagen. So ermöglicht CMC im Gegensatz zu Gummi arabicum und Mannoproteinen einen effektiven Schutz gegen Weinsteinausscheidungen, stößt aber möglicherweise bei extrem hohen Sättigungstemperaturen an seine Grenzen. Wie auch Metaweinsäure wirkt CMC nicht gegen Calciumtartrat-Ausscheidung. In Anbetracht der niedrigen Stabilisierungskosten sollten Nachteile wie die mögliche Eintrübung des Weins oder die geringfügig reduzierte Filterleistung nicht überbewertet werden. Hinsichtlich einer eventuellen Reaktion mit Tanninen und einer somit denkbaren Eintrübung nach der Abfüllung von Rotweinen besteht weiterer Untersuchungsbedarf.

Literatur:

Friedrich G. u. Görtges, S.:

Weinsteinstabilisierung notwendig? Der Deutsche Weinbau 16/17, 22, (2004)

Wucherpfennig, K., Dietrich, H., Götz, W. u. Rötz, S.:

Einfluss von Kolloiden auf die Weinsteinstabilität unter besonderer Berücksichtigung der Weinsteinstabilisierung durch Carboxymethylcellulose. Die Weinwirtschaft Technik 1, 13, (1984)

Dietrich, H.:

Kolloide als Zusatzstoffe für Wein (1). Der Deutsche Weinbau 15, 16, (2009)

Könitz, R.:

Aus Forschung und Industrie: Carboxymethylcellulose zur Kristallstabilisierung. Das deutsche Weinmagazin 19, 32, (2009)

Rosch, A.:

Weinsteinstabilisierung mittels CMC. Der Deutsche Weinbau 11, 16, (2010)

Schmidt, O. u. Diesler, E.:

Kristallstabilisierung mit Protektorkolloiden. das deutsche weinmagazin 5/6, 12, (2010)

Schmidt, O., Becker, S. u. Unger, K.:

Dem Weinsteinstein auf den Fersen. das deutsche weinmagazin 25/26, 26, (2009)

García-Ruiz, J. M., Alcántara, R. u. Martín, J.:

Evaluation of Wine Stability to Potassium Hydrogen Tartrate Precipitation. Am. J. Enol. Vitic. 42 (4), 336, (1991)

Würdig, G., Müller, Th. u. Friedrich, F.:

Untersuchungen zur Weinsteinstabilität – Bestimmung der Sättigungstemperaturen von Weinen durch Leitfähigkeitsmessung. Die Weinwirtschaft 116, 720, (1980)

Würdig, G., Müller, Th. u. Friedrich, F.:

Untersuchungen zur Weinsteinstabilität – Bestimmung der Sättigungstemperaturen von Weinen durch verbesserte Leitfähigkeitsmessung. Die Weinwirtschaft 121, (1985)