

Bentonit



**Immer klar
im Vorteil:**

**Bentonit
zur effektiven Klärung
und Stabilisierung**

**Herkunft und
Anwendungsgebiete**

Charakteristik

Verwendung und Vorteile



Fortschritt macht Zukunft®

Bentonit

Herkunft und Zusammensetzung

Mit dem Begriff Bentonit (von Fort Benton, Montana, eine der ersten Fundstätten) werden Tonminerale bezeichnet, deren Hauptbestandteil Montmorillonit ist. Hochwertige Bentonite enthalten einen Anteil an Montmorillonit von 80 % und mehr, mindestens 60 % sind für die Bezeichnung Bentonit vorgegeben. Montmorillonit ist ein feinkristallines Aluminiumhydroxysilikat mit einer plättchenförmigen Schichtstruktur (Abb. 1). Bei Wasserzugabe lagern sich zwischen den Schichten Wassermoleküle ein, die durch interkristalline Quellung den Schichtabstand vergrößern und negative Ladungen erzeugen. Durch Anlagerung austauschfähiger Kationen wie Natrium, Calcium oder Magnesium werden diese kompensiert. Die Fähigkeit zum Austausch eingelagerter Kationen durch andere geladene Moleküle (z.B. Proteine) ist verantwortlich für die in der Getränkebehandlung genutzte Wirkung von Bentoniten zur Adsorption von Proteinen und anderen geladenen Stoffen.

Die heute verfügbaren Bentonitvorkommen gehen auf vulkanische Tätigkeit vor rund 100 Mio. Jahren zurück und entstanden durch Verwitterung des dabei gebildeten Vulkangesteins (siehe Abb. 2). Wichtige europäische

Vorkommen befinden sich in Bayern (Landshut, Mainburg) und rund um den Mittelmeerraum, beispielsweise auf den Inseln Milos und Sardinien. Nicht alle Vorkommen von Bentonit eignen sich zur Verwendung in der Getränkebehandlung.

Die Reinheit der Bentonite lässt sich meist aus der Farbe ableiten. Je heller ein Bentonit ist, desto höher ist in der Regel die Reinheit, dunklere Färbung deutet auf höhere Anteile an Eisen (rötlich) oder Kupfer (bläulich) hin (siehe Abb. 3).

Das Kristallgitter besteht überwiegend aus den chemischen Hauptbestandteilen Silicium- und Aluminiumoxid, daneben sind auch die Oxide der Elemente Eisen, Calcium, Magnesium und Natrium im Bentonit enthalten. Elemente, die in das Kristallgitter eingebunden sind, sind nur in geringen Anteilen löslich. Dies erklärt, warum die Mengenelemente Aluminium und Eisen nur in sehr geringen Mengen abgegeben werden, während die Alkalimetalle Natrium und Calcium beim Vorquellen des Bentonits sich nahezu vollständig im Medium wiederfinden.

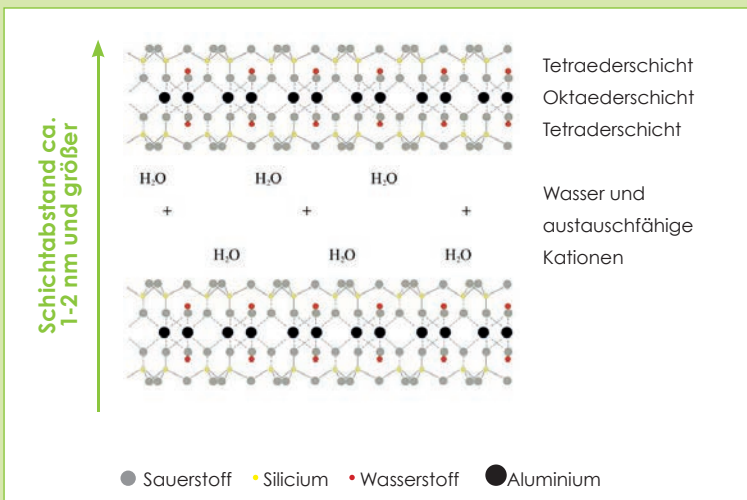


Abb. 1: Aufbau des Kristallgitters von Montmorillonit

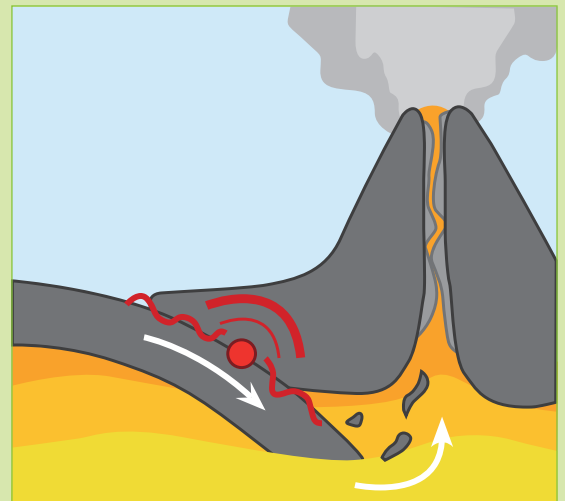


Abb. 2: Entstehung von Bentonit durch Verwitterung von Vulkangestein



Abb. 3: Rohbentonite unterschiedlicher Herkunft und Reinheitsgrade

Tab. 1 zeigt, dass die Einbindung der Ionen nicht unbedingt von der Größe abhängt. Während Eisen eine ähnlich schlechte Löslichkeit wie Aluminium aufweist, sind die Schwermetalle Arsen und Blei deutlich besser löslich. Für die Abgabe von Metallionen in Weinsäure wurden seitens der OIV Grenzwerte festgelegt, die die gültigen Reinheitskriterien für die Anwendung im Wein darstellen.

Element	Gehalt im Bentonit (Ø)	Löslicher Anteil (%)	Grenzwert nach OIV	Lösliche Gehalte in Erbslöh-Bentoniten
Aluminium	100 g/kg	2 %	2,5 g/kg	0,1-0,2 g/kg
Calcium	11 g/kg	36 %	5 g/kg	1-4 g/kg
Eisen	3,8 %	2,4 %	600 mg/kg	30-90 mg/kg
Arsen	4 mg/kg	22 %	2 mg/kg	0,1-0,8 mg/kg
Blei	20 mg/kg	16 %	5 mg/kg	0,9-1,8 mg/kg

Tab. 1: Elemente im Bentonit, absoluter Gehalt und löslicher Anteil in 1%iger Weinsäure

Anwendung von Bentonit zur Klärung und Stabilisierung

Bentonit wird im Getränkebereich zur Klärung sowie zur Eiweißadsorption und zur Verhinderung von späteren Eiweißtrübungen eingesetzt. Die Klärwirkung beruht darauf, dass, sobald der Bentonit in das Getränk gegeben wird, innerhalb von wenigen Minuten eine grobe Flockung entsteht. In diese Flockung des Bentonits werden Feintrubteile eingeschlossen. Die Trubstoffe werden schwerer, wodurch sie sich absetzen. Neben der Stabilisierungswirkung durch die Eiweißadsorption erfolgt auch eine gewisse Gerbstoffadsorption. Erfahrungsgemäß führt eine scharfe Klärbehandlung mit Spitzenbentoniten auch zu einer weitgehenden Reduzierung ladungsneutraler Kolloide, z.B. neutrale Polysaccharide, verbunden mit einer besonderen Stabilität des Getränks. Des Weiteren können durch Bentonite biogene Amine vermindert und auch Spritzmittelrückstände reduziert werden.

Der Bentonitbedarf in verschiedenen Getränken kann sehr unterschiedlich sein. In Fruchtsaft ist hierfür die Fruchtart maßgeblich. Übertragen auf die Weinbereitung variiert er von Jahr zu Jahr, aber auch je nach Frucht und Standort der Pflanze.

Jahre mit geringen Niederschlägen, insbesondere im Spätsommer und Herbst, führen zu Getränken mit einem höheren Bentonitbedarf. Weine von Rebflächen auf lockeren Sand- oder Kiesböden sowie auf flachgründigen Böden haben meist einen höheren Bentonitbedarf als Weine von Rebflächen auf tiefgründigen oder schweren Lösböden. Letzteres verstärkt sich noch in trockenen Jahren.

Die Pflanze lagert in ihren Früchten Eiweißstoffe als Reservestoffe, also als Energieträger ein. Je stärker die Pflanze unter Stress gerät, desto mehr Reservestoffe lagert sie ein. Damit ist auch der höhere Bentonitbedarf in niederschlagsarmen Jahren zu erklären.

Der pH-Wert des Getränks steht in Zusammenhang mit der Wirksamkeit von Bentonit. Bei niedrigen pH-Werten ist die Eiweißadsorption von Bentonit intensiver als bei höheren pH-Werten. Diese Eigenschaft erklärt sich durch Veränderungen der Ladung der im Getränk gelösten Eiweißstoffe, die bereits bei geringfügigen Änderungen des pH-Wertes beeinflusst werden.

Die Bentonitqualität hat eine große Auswirkung auf die Wirksamkeit im Getränk. Niederquellfähige Bentonite (reine Calcium-Bentonite) haben eine geringere Eiweißadsorption, was sich insbesondere bei pH-Werten über 3,4-3,5 zeigt. Spezialbentonite, wie NaCaliit® PORE-TEC, mit einem höheren Quellvermögen haben eine deutlich bessere Eiweißadsorption, insbesondere bei pH-Werten von 3,4 und höher. Unter diesen Erkenntnissen ist es klar, dass die Beachtung des pH-Wertes bei der Bentonitanwendung von besonderer Bedeutung ist.

NaCaliit® PORE-TEC Premium Na-Ca-Bentonit granuliert nach PORE-TECHnologie

Sichtbar gleichmäßigere Granulierung

- Leichter benetz- und suspendierbar

Gezielt porös-schwammartige Oberflächenstruktur

- Intensivere und selektivere Adsorption von Eiweiß und Kolloiden
- Starke Klärwirkung, auch bei Problemfällen und hohen pH-Werten

Gezielt mineralselektiert

- An Hellfarbigkeit erkennbar
- Noch getränkeschonender
- Noch filtrationsfreundlicher
- Geringere Farbbeeinflussung
- Gründlichere Feinflockung
- Geringes Trubvolumen
- Höchste Reinheitsstufe
- Extrem eisenarm

Bentonit

Erbslöh-Bentonit-Charakteristik

	NaCalit® PORE-TEC	FermoBent® PORE-TEC	Seporit PORE-TEC	GranuBent PORE-TEC	MostRein® PORE-TEC	Ca-Granulat	
Charakterisierung	Na-Ca-Bentonit	Na-Ca-Bentonit	Ca-Na-Bentonit	Na-Bentonit	Ca-Bentonit-Aktivkohle	Ca-Bentonit	
Zustandsform	PORE-TEC-Granulat	PORE-TEC-Granulat	PORE-TEC-Granulat	PORE-TEC-Granulat	Granulat	Granulat	
Farbe	hellfarbig	hellfarbig	hellfarbig	hellfarbig	grau	grünlich-gräulich	
Flockungsaktivität	sehr hoch	hoch	mittel	sehr hoch	mittel	mittel	
Eiweißadsorption	hoch	hoch	mittel	sehr hoch	mittel	mittel	
Wirksamkeit bei hohen pH-Werten	sehr gut	sehr gut	weniger gut	sehr gut	gut	weniger gut	
Trubvolumen	mittel	mittel	gering	hoch	gering	gering	
Suspendierbarkeit	sehr gut	sehr gut	sehr gut	mittel	sehr gut	gut	
Quellfähigkeit	hoch	hoch	niedrig	hoch	niedrig	niedrig	
Vorquellung in Wasser	3-5fache Menge	5fache Menge oder Direktzugabe möglich	3-5fache Menge	10-12fache Menge	3-5fache Menge	3-5fache Menge	
Vorquellung in h	4-6, besser 12	4-6	3-6	6-12	3-6	2-5	
Übliche Dosierung g/100 L	50-150 (bei Bedarf mehr)	100-200 (bei Bedarf mehr)	100-200 (bei Bedarf mehr)	20-150 (bei Bedarf mehr)	150-250 (bei Bedarf mehr)	100-200 (bei Bedarf mehr)	
Einsatzbereich	Wein/Fruchtsaft	Zum Mitvergären in Most	Most	Wein	Most, belastet durch Botrytis/Fäulnis	Wein/ Fruchtsaft	
Feuchte (%)	≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 12	≤ 8	
pH-Wert	8,5-10	8,5-10	8,5-10	10	8,0-9,5	7,0-9,0	
Lösliche Anteile in 1%iger Weinsäure:	Natrium (%)	0,45-0,5	< 0,5	0,2-0,4	1,1-1,3	0,3-0,5	< 0,1
	Calcium (%)	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,1-0,4	< 0,5	< 0,5
	Eisen (%)	< 0,05	< 0,05	< 0,07	< 0,05	< 0,09	< 0,14

Eiweißadsorption

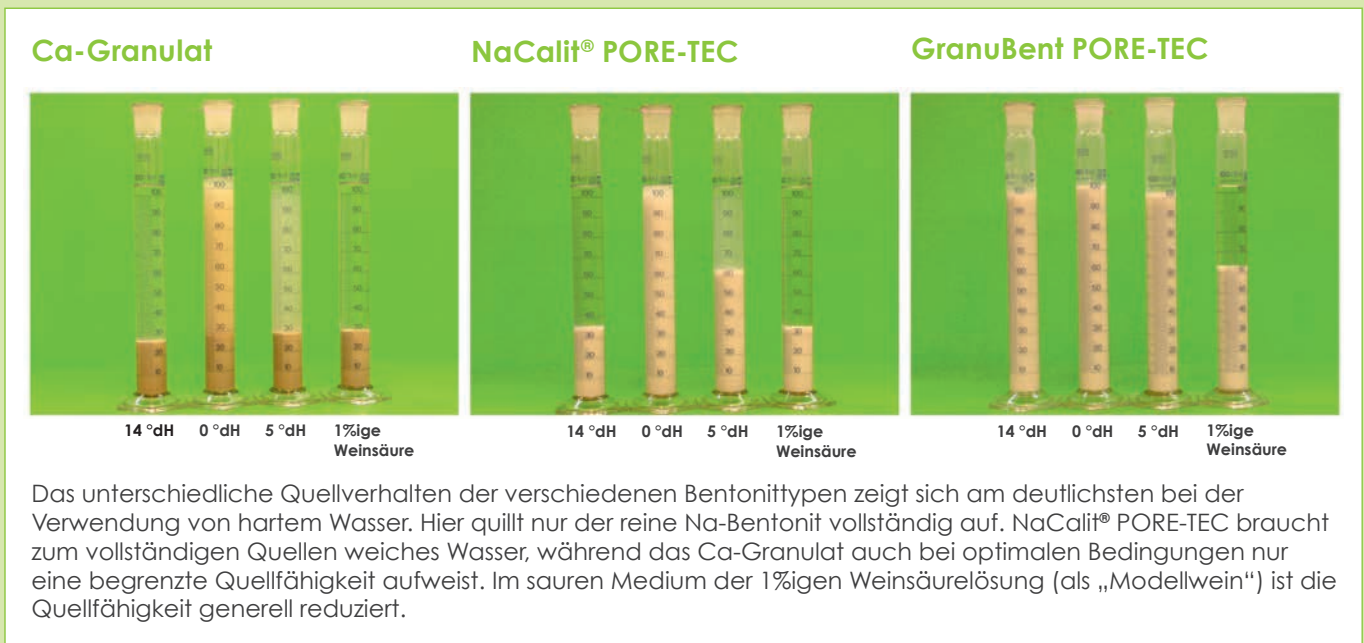
Eiweißadsorption

Die Einlagerung von positiv geladenen Ionen wie Natrium und Calcium im schichtenförmigen Kristallgerüst des Montmorillonit führt bei Wasserzugabe zu einem Aufquellen des Bentonits. Dieser Effekt zeigt sich umso stärker, je mehr austauschfähige Kationen zur Verfügung stehen. Einwertige Natrium-Ionen führen zu einer vollständigen Quellung, da sie komplett in die Gitterstruktur eindringen können, während sich zweifach geladene Ca-Ionen nur in Randzonen einlagern können. Ein vollständig vorgequollener Bentonit ist die Voraussetzung für die optimale Adsorption von Proteinen und anderen geladenen Stoffen. Die Verwendung von hartem oder saurem Wasser verschlechtert die Quellung, da sie den Kationenaustausch einschränkt (siehe Abb. 4).

Die höhere Adsorptionsfähigkeit von reinen Natrium-Bentoniten gegenüber Ca- und Na-Ca-Mischbentoniten zeigt sich in der Anwendung nur nach Vorquellung, da nur ein vollständig aufgequollenes Kristallgitter die maximale Adsorptionskraft des Bentonits gewährleistet. Im nicht

vorgequollenen Bentonit ist z. B. die Eiweißadsorption von GranuBent nur unwesentlich höher als die von Ca-Granulat, während sie im vorgequollenen Bentonit fast das Doppelte beträgt. Die Methoden zur Messung der Eiweißadsorption basieren auf Modelllösungen. Diese erlauben eine Einstufung und einen Vergleich von Bentoniten hinsichtlich ihrer Adsorptionskraft, ein direkter Rückschluss auf die Anwendung im Wein ist aber nur begrenzt möglich.

In der praktischen Anwendung treten Unterschiede hinsichtlich der benötigten Menge an Bentonit zur Eiweißstabilisierung vor allem bei Rebsorten mit höherem Bentonitbedarf und komplexer Zusammensetzung des Weinproteins auf. Am Beispiel eines Grauburgunders ist zu sehen, dass zwar Unterschiede beim Einsatz von Na-Bentoniten im Vergleich zu einem Na-Ca-Mischbentonit bestehen, diese aber meist auf eine Erhöhung der Dosage um 50-100 g/100 L begrenzt sind (siehe Abb. 5).



Das unterschiedliche Quellverhalten der verschiedenen Bentonittypen zeigt sich am deutlichsten bei der Verwendung von hartem Wasser. Hier quillt nur der reine Na-Bentonit vollständig auf. NaCalit® PORE-TEC braucht zum vollständigen Quellen weiches Wasser, während das Ca-Granulat auch bei optimalen Bedingungen nur eine begrenzte Quellfähigkeit aufweist. Im sauren Medium der 1%igen Weinsäurelösung (als „Modellwein“) ist die Quellfähigkeit generell reduziert.

Abb. 4: Quellverhalten verschiedener Bentonittypen

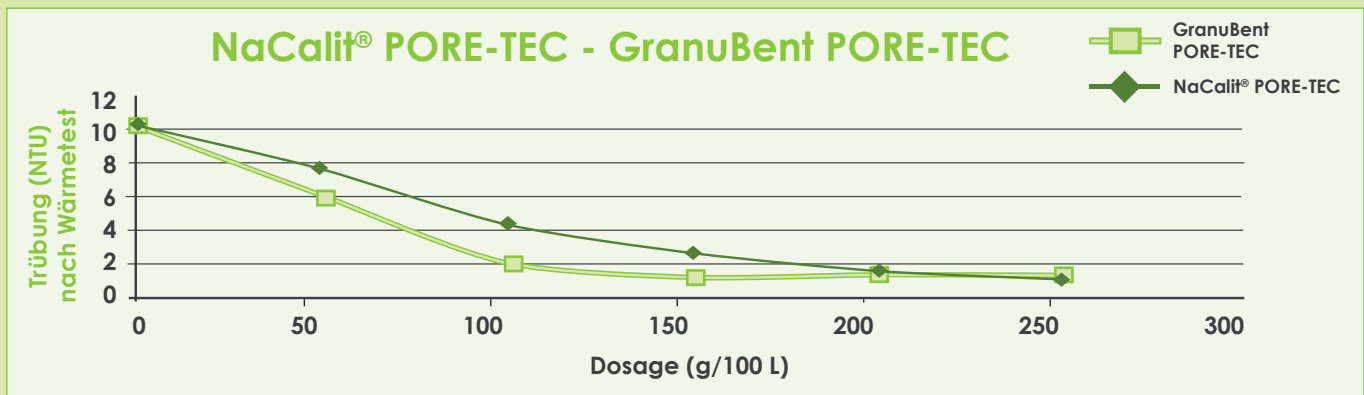


Abb. 5: Bentonitbedarf in Grauburgunder

Bentonitbedarf

Verfahren zur Bestimmung des Bentonitbedarfs

Zur Bestimmung des Bentonitbedarfs im Wein werden üblicherweise Schönungsreihen mit aufsteigenden Einsatzmengen an Bentonit angesetzt (Abstufung 50 oder 100 g/100 L) und anschließend die behandelten Weine auf Eiweißstabilität geprüft. In der Praxis eingesetzte Verfahren sind der Bentotest und der Wärmetest. Beim Bentotest erfolgt die Fällung der Proteine mit einem chemischen Reagenz (Verfahren nach Dr. Jakob), beim Wärmetest wird über Warmlagerung und anschließende Abkühlung des Weins ein Denaturierungsvorgang bewirkt. In beiden Fällen erfolgt die Ermittlung der Eiweißstabilität durch eine Messung der Trübung. Beim Bentotest werden Trübungen unter 5 NTU noch als stabil angesehen, hier erfolgt mitunter auch noch eine rein visuelle Begutachtung der Trübung. Beim Wärmetest werden nur Trübungen unter 2 NTU als stabil bewertet, hier ist eine Messung mit dem Trübungsphotometer notwendig. In der Praxis hat sich beim Wärmetest eine Variante mit 80 °C für 2-3 h mit anschließender Abkühlung im Kältebad bewährt. Wärmetests mit Temperaturen unter 60 °C sind nicht aussagefähig. In den meisten Fällen werden mit dem Bentotest etwas höhere Bentonitbedarfsmengen als im Wärmetest ermittelt. Für eine grobe Einschätzung des Bentonitbedarfs kann der Bentotest herangezogen werden, für eine differenzierte Bestimmung der benötigten Bentonitmenge ist der Wärmetest zu empfehlen.

Folgende Punkte sind bei der Anwendung zu beachten:

- Bentotest immer bei Raumtemperatur (18-25 °C) durchführen
- Temperatur, Warmhalte- und Abkühlzeit beim Wärmetest immer genau einhalten
- Messung mit dem Trübungsphotometer, das Auge lässt sich durch Farbe und Lichteinflüsse täuschen
- Bei den Vorversuchen und im Keller sollte der gleiche Bentonit verwendet werden

Weitere Testmethoden werden z. T. als fertige Testkits angeboten, entsprechen aber meist dem Prinzip der chemischen Fällung. Versuche zur Entwicklung selektiver Tests auf Basis immunologischer Methoden scheiterten bisher an der nötigen Anwenderfreundlichkeit.

Mostvinifikation

Mostvinifikation mit Bentonit

Mit der seit mehreren Jahrzehnten zur Standardbehandlung entwickelten Mostbehandlung mit Bentonit konnten enorme Qualitätssprünge bei der Vinifikation erzielt werden. Es werden reintonigere Weine geschaffen und die Aromenausprägungen kommen besser zur Geltung.

Negative Traubenfäulnis Komponenten und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln werden frühzeitig eliminiert. Insbesondere bei der Verwendung des Bentonit-Aktivkohle-Granulates MostRein® PORE-TEC. Je nach den betrieblichen Prozessabläufen, der Mostqualität und dem verwendeten Bentonit erfolgt eine Abtrennung vor der Gärung (Seporit PORE-TEC, MostRein® PORE-TEC) oder der besonders reine und spezielle Bentonit FermoBent® PORE-TEC wird mitvergoren.

Mostvinifikation mit Seporit PORE-TEC und MostRein® PORE-TEC

Gezielt mineralselektiert

- Reintonigere Vergärung
- Frühzeitige Reduzierung von Trubstoffen
- Frühzeitige Entfernung von Oxidasen; dadurch geringerer SO₂-Bedarf
- Entfernung von biogenen Aminen wie z. B. Histamin
- Adsorption von Spritzmittelrückständen und sonstigen Störstoffen, wodurch Gär Schwierigkeiten vermieden werden können
- Bessere Wirksamkeit, je niedriger der pH-Wert
- Bentonit wirkt schaumhemmend
- Schonung des Weins durch frühzeitige Behandlung
- Kompaktes Trubdepot
- Einsparung von zusätzlichen Arbeitsgängen
Produktschonung

FermoBent® PORE-TEC

Bentonit zur Mitvergärung

Im Vergleich zur klassischen Bentonitbehandlung im Rahmen der Mostvorklärung oder Jungweinschönung weist das Verfahren der Mitvergärung einige Vorteile auf:

- Zeitersparnis in der hektischen Herbstphase (besonders effektiv in Verbindung mit Flotation)
- Hohe Wirksamkeit des Bentonits durch lange Kontaktzeit
- Schonende Behandlung durch Vermeidung zusätzlicher Abtrenn- und Filtrationsvorgänge, das Bentonitdepot wird mit dem Hefegeläger abgezogen

Die Eignung eines Bentonits zur Mitvergärung ist bestimmt durch folgende Voraussetzungen:

- Gute Dispergierung und Verteilbarkeit im Most
- Hohe Wirksamkeit bei der Eiweißadsorption
- Bildung eines stabilen Depots nach der Vergärung
- Höchste Reinheit, vor allem extrem niedrige Eisenabgabe

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, kann bei entsprechender Anwendung und Einsatzmenge in aller Regel auf eine weitere Behandlung im Wein zum Erreichen der Eiweißstabilität verzichtet werden.

Gärverlauf 2012 Silvaner, Mitvergären von Bentonit

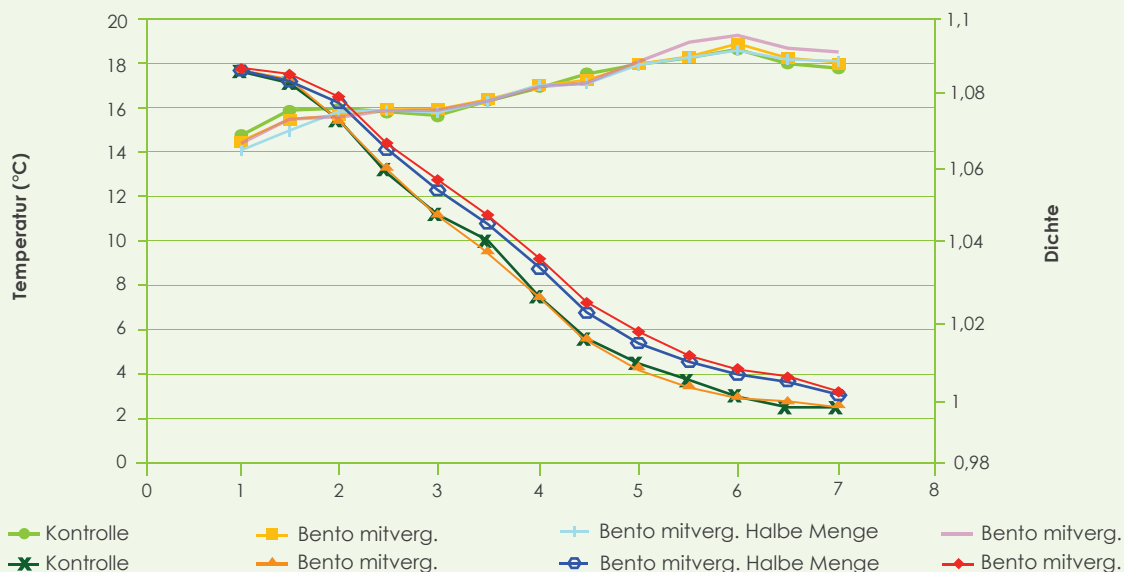


Abb. 6: Gärverlauf und Temperaturverlauf während der Gärung, Versuche LWG Veitshöchheim, mit und ohne Bentonit

Welchen Einfluss hat der Einsatz von FermoBent® PORE-TEC auf die Gärung bzw. auf die Verfügbarkeit von hefeverwertbarem Stickstoff?

Nach den Untersuchungen der LWG Veitshöchheim sind weder im Gärverlauf (Abb. 6) noch beim hefeverwertbaren Stickstoff (NOPA) Unterschiede feststellbar. Es kommt also weder zu einer verzögernden noch zu einer beschleunigenden Wirkung auf die Gärung.

Most und Abzug vor der Gärung. In den meisten Fällen lag nach der Vergärung mit FermoBent® PORE-TEC im Wein kein Bedarf mehr vor. In den Kontrollvarianten ohne Behandlung im Most lag der Bedarf im Wein meist in ähnlicher Größenordnung wie er zur Mitvergärung eingesetzt wurde. Wenn also die Mitvergärung den Bentonitbedarf nicht generell reduziert, kann sie aber doch bei entsprechender Einsatzmenge eine aufwändige und belastende Nachbehandlung im Wein ersparen.

Um Zeit zu sparen, bietet sich die Direktanwendung (ohne Vorquellung) an. Ist damit die volle Wirksamkeit gewährleistet?

Bei der Entwicklung von FermoBent® PORE-TEC wurde auf eine sehr gute Suspendierbarkeit Wert gelegt. Der Nachteil einer nicht vollständigen Aufquellung lässt sich aber nicht komplett egalisieren. Durch Anpassung der Einsatzmenge kann dieser Effekt kompensiert und auch bei direkter Anwendung ein eiweißstabiler Wein nach der Gärung erreicht werden (Abb. 7). Wenn jedoch die Zielsetzung ist, mit optimierter Bentonitmenge zu arbeiten, kann auf eine Vorquellung nicht verzichtet werden (Abb. 8).

In welchem Maße steigen die Gehalte an Eisen und sonstigen Schwermetallen bei Mitvergärung an?

Eisen gehört zu den weniger gut löslichen Bestandteilen des Bentonits. Bei Behandlungen mit geringer Kontaktzeit von einigen Stunden bis zu einem Tag lösen sich daher nur sehr geringe Mengen im behandelten Produkt (Most, Wein). Anders sieht die Situation bei einer Kontaktzeit von bis zu mehreren Wochen während der Gärung aus. Bei gleichzeitiger Bildung von Alkohol und CO₂-Entwicklung steigt die Abgabe von Eisen auf den bis zu 10fachen Wert einer normalen Behandlung an. Bei Verwendung eines Bentonits mit üblichen Eisengehalten im Wein um bis zu 2-3 mg/L entsprechen. Damit kommt bei der Mitvergärung der Eisenarmut des eingesetzten Bentonits eine deutlich erhöhte Bedeutung zu. Nur Bentonite mit einer Eisenabgabe im Weinsäureextrakt von < 0,05 % erlauben eine Mitvergärung, ohne dass der Eisengehalt im Wein bei höheren Einsatzmengen über 5 mg/L ansteigt und damit das Risiko einer Eisenrübung (Abb. 9 und 10) birgt.

Führt die Vergärung mit FermoBent® PORE-TEC zu einem niedrigeren Gesamtbedarf an Bentonit? Unter welchen Voraussetzungen?

Als Ergebnis der über zwei Jahre durchgeführten Versuche lässt sich festhalten, dass in keinem Fall nach der Vergärung mit FermoBent® PORE-TEC ein höherer Bentonitbedarf ermittelt wurde als bei Behandlung im

Versuchsergebnisse mit FermoBent® PORE-TEC

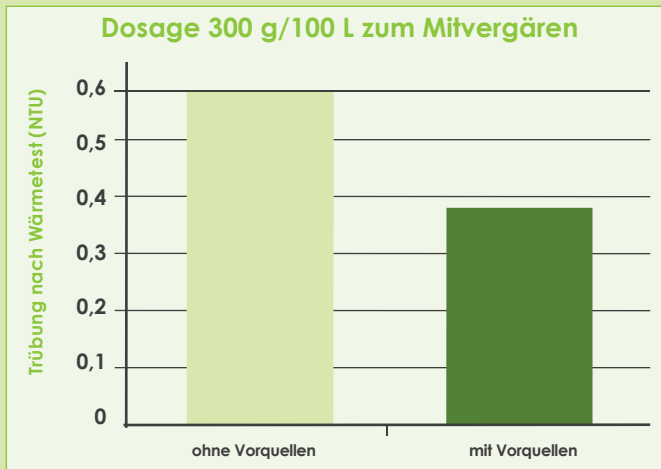


Abb. 7: Einsatz FermoBent® PORE-TEC mit und ohne Vorquellen (Versuch WG Vier Jahreszeiten)

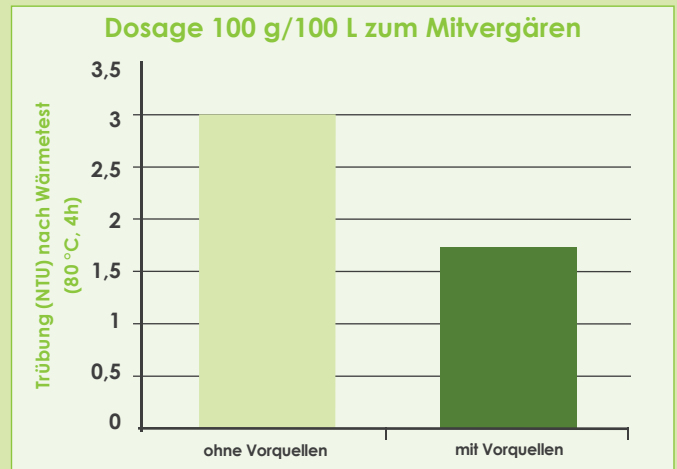


Abb. 8: Einsatz FermoBent® PORE-TEC mit und ohne Vorquellen (Versuch DLR Oppenheim)

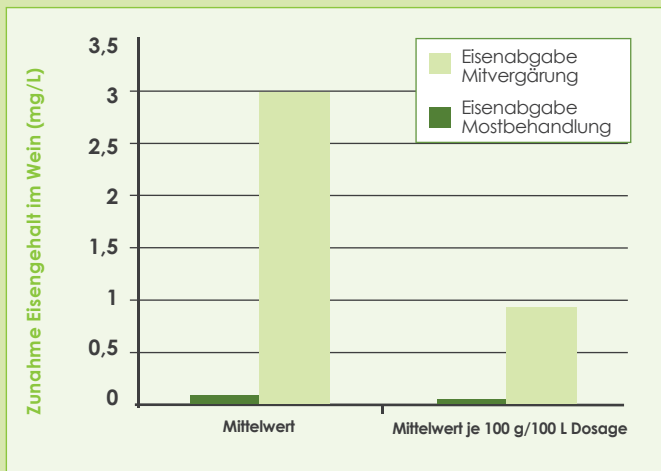


Abb. 9: Eisenabgabe im Vergleich zwischen Mostbehandlung und Mitvergärung

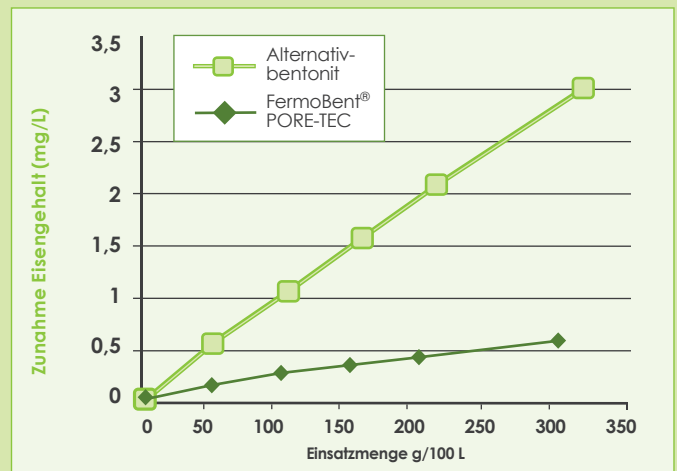


Abb. 10: Zunahme des Eisengehalts nach Mitvergärung mit FermoBent® PORE-TEC (Eisenabgabe < 0,05 %) im Vergleich zu einem Alternativbentonit (Eisenabgabe 0,15 %)

Crossflow-Filtration Blancobent UF und UltraBent PORE-TEC UF: Spitzenbentonite für die Crossflow-Filtration

Häufig werden Crossflow-Filteranlagen zur Klärung von Saftgrundstoffen und Jungweinen eingesetzt. Da die reine Partikelabtrennung zur Stabilisierung von Getränken unzureichend ist, wird ein speziell aufbereiteter Bentonit innerhalb des Filterkreislaufs angewendet. Blancobent UF und UltraBent UF sind frei von abrasiv wirkenden größeren Partikeln (>100 µm) und führen auch bei langfristiger Anwendung nicht zu Schäden an Membranen oder weiteren Anlagenteilen. Gleichzeitig wird die Bildung einer Deckschicht auf den Filtermembranen (Fouling-Effekt)

deutlich reduziert, der Filtrationszyklus wird dadurch wesentlich verlängert.

Crossflow-Filtration und Blancobent UF oder UltraBent PORE-TEC UF ergänzen sich ideal in ihrer klärenden und stabilisierenden Wirkung. Dadurch sind die erforderlichen Bentonitdosierungen im Normalfall geringer als bei einer klassischen Schönung.