

Gärsteuerungen: Übersicht und Probleme – Wenn die Gäraktivität die Temperatur regelt

Bernhard Schandelmaier, Kellerwirtschaftlicher Berater am DLR-Rheinpfalz

Bereits 2001 wurde am DLR-Rheinpfalz eine Dichtemessungen zur automatischen Temperatursteuerung für einige Tanks in Betrieb genommen, inzwischen mehrere Hersteller am Markt, welche die Vorteile einer sich an der Gäraktivität ausrichtenden automatischen Temperatursteuerung nutzen. Abgesehen von der Steuerung über die Dichtebestimmung, kann die Messung auch über die Kohlensäure- (CO_2)- Abgabe oder automatisch mittels Refraktometrie erfolgen. Auch solche Steuergeräte sind auf dem Markt.

Allerdings ist – obwohl die Ergebnisse unserer damaligen Versuche positiv waren, eine breite Markteinführung solcher Apparaturen heute noch nicht feststell- oder absehbar. Insgesamt liegt die Stückzahl der bisher in Deutschland verkauften Installationen sicher deutlich unter 100.

Als wesentlicher Baustein für die Bereitung von fruchtbetonten reintonigen Weissweintypen hat sich – neben einer konsequenten Vorklärung – die temperaturgeführte Gärung etabliert. Gärtemperaturen von nicht mehr als 20°C sind für Weissweine inzwischen weltweit als Standard akzeptiert.

Während die Gärung ohne Vorklärung und Temperaturführung meist innerhalb von drei bis vier Tagen problemlos beendet ist, dauert die Gärung nach Vorklärung bei Gärtemperaturen von unter 20°C ca. 3 Wochen, in Einzelfällen sogar erheblich länger. Essigsäure- und Milchsäure bildende Bakterien stellen bei derart langen Gärungen ein hohes Risiko für den Wein dar.

Bislang ist es überwiegend noch immer üblich, die vorab gewählte Temperatur während der gesamten Gärdauer zu halten. Abbildung 1 zeigt den dafür typischen Gärverlauf mit einer starken Zuckerverminderung in den ersten Tagen stark verlangsamt im letzten Drittel der Gärung. Solch langsame Zuckerabnahme entspricht dann oft dem oben beschriebenen langen Gärverlauf oder mündet gar in einen Gärstopp.

Die Optimierung der Temperaturführung während der Gärung ist aber – neben Hefeauswahl, Hefemenge und Nährstoffversorgung – eine unerlässliche Voraussetzung, will man den gewünschten Endvergärungsgrad erzielen. Die Temperatur ist während der Gärung der einzige Faktor, der maßgebliche Veränderungen im Gärverlauf herbeizuführen im Stande ist. Die Zugabe von Hilfspräparaten bei stockender Gärung bleibt meist erfolglos, vor allem deshalb, weil die Gärverlangsamung zu spät erkannt wird.

Erstellt man die Gärkurve manuell, wird einmal täglich das Mostgewicht gemessen. Die Gäraktivität der letzten 24 Stunden wird registriert, um im Voraus Aussagen über den weiteren Gärverlauf zu gewinnen. Solch große Messintervalle bedingen eine relativ träge Temperatursteuerung.

Optimierung der Gärtemperaturen durch automatische Gärsteuerungen

Einer der wesentlichen Vorteile automatischer Gärsteuerung besteht darin, dass die kurzen Messintervalle mit aberhundert Messungen während des Gärverlaufes den richtigen Moment zur Temperaturerhöhung ab der zweiten Hälfte der Gärung punktgenau erkennen lassen. So lässt sich maximal kühl vergären und gleichzeitig besteht ausreichende Sicherheit, dass der Wein durchgärt.

Im dargestellten Beispiel (Abbildung 1) ist klar zu erkennen, wie die konstante Temperatur zum Stocken der Gärung des Weines führt.

Der Kurvenverlauf der Gärung der automatischen Gärsteuerung – wie in Abbildung 1 dargestellt – lässt sich von Hand nicht exakt genug festlegen; dafür ist das Geschehen zu komplex und anhand von lediglich 22 handgezeichneten Gärkurven-Messpunkten ist eine sensible Feinregulierung unmöglich.

Die Temperatur erhöhte sich in unserem Beispiel am 3. Tag kurzfristig und bewirkte so eine gute Vermehrungsrate der Hefe. In der Folge fiel die Temperatur konstant ab, erreichte am 5. Tag 12°C , und stieg danach kontinuierlich und dosiert an. All dies ermöglichte eine sehr gleichmäßige Zuckerabbaurate. Dabei war die Mindesttemperatur auf 12°C begrenzt, um die Hefe nicht zu sehr unter Stress zu setzen. Am 9. Tag nach Gärbeginn schneiden sich die Kurven des Zuckerabbaus bei konstant gehaltener Temperatur und derjenigen, die sich an der Gäraktivität ausrichtet. Am 10. Tag liegt die Temperatur in beiden Tanks bei 16°C , und von diesem Punkt an gestattet die Gärsteuerung eine Temperatur von über 16°C und erlaubt so eine weiterhin gute Zuckerabnahme. Am 15. Tag fällt die Temperatur von 18°C wieder leicht ab; dies deshalb, weil die Wärmeabgabe der Hefe nicht mehr ausreicht, um das Temperaturniveau zu halten und an diesem Punkt wird deutlich, dass – obwohl am Anfang der Gärung in jedem Fall eine Kühlung notwendig ist – dennoch zum Gärende eine zusätzliche Erwärmung des Gebindes den Vergärungsgrad optimieren könnte. Vom 16. Tag an verlangsamt sich

unter den gegebenen Umständen der Zuckerabbau. Dennoch kann der Wein dank der Temperaturführung der Gärsteuerung durchgären, während der bei 16°C vergorene Wein mit 10 °Oe die Gärung einstellt.

Unklar bleibt allerdings auch weiterhin, welcher Temperaturverlauf die sensorischen Vorteile einer gezügelten Gärung mit einem ausreichend hohen Grad der Endvergärung optimal kombiniert. Verminderte Gäraktivitäten werden von der automatischen Steuerung erkannt und korrigiert, und zwar viel schneller und präziser als dies unter Zugrundelegung einer manuellen Gärkurve jemals möglich wäre. Die Kühlung wird zurückgefahren und die aus der insofern verstärkt in Gang gesetzten Gärung resultierende Erwärmung verstärkt wiederum die Gärung. Dennoch kann zum Gärende ein zusätzlicher Wärmebedarf entstehen, der - um den gewünschten Endvergärungsgrad zu erreichen - über eine Heizung gedeckt werden müsste.

Genauigkeit der Zuckermessung

Es versteht sich von selbst, dass eine genaue Zuckeranalyse, wie sie zum Beispiel beim Abstoppen eines Weines notwendig ist, mit keinem dieser Geräte erreicht werden kann. Denn in der Steuerungs-Apparatur wird indirekt aus der Dichte oder der CO₂-Entbindung auf den Zuckergehalt des Produktes geschlossen. Bei der Dichtemessung resultiert die Ungenauigkeit aus dem Einfluss von Weinhaltstoffen, die als „zuckerfreier Extrakt“ bezeichnet werden. Nur unter genauer Berücksichtigung der durch den Extrakt bedingten Abweichung liesse sich aus der Dichte der Gesamtzuckergehalt fehlerfrei ermitteln. Der Extrakt unterliegt Jahrgangs-, Lagen- und Sortenschwankungen und ist besonders vom Gesundheitszustand des Lesegutes abhängig.

Bei der CO₂Entbindung ist die tatsächliche Alkoholausbeute nicht exakt vorherzusagen. Die prospektive Genauigkeit steigt, wenn bereits vor der Gärung der tatsächliche Zuckergehalt festgestellt und der Berechnung zugrunde gelegt wird, weil andernfalls die aus der Ausbeute resultierende Ungenauigkeit zu der oben bereits angesprochenen hinzukommt (d. h., wenn aus der Gesamtdichte inklusive „zuckerfreiem Restextrakt“ der Zuckergehalt ermittelt wird).

Die Genauigkeit der Faustformel Restzuckergehalt = („abgelesenes Mostgewicht“ + 5) x 2 konnten wir mit der Dichtesteuerung in unserem Versuch aber übertreffen.

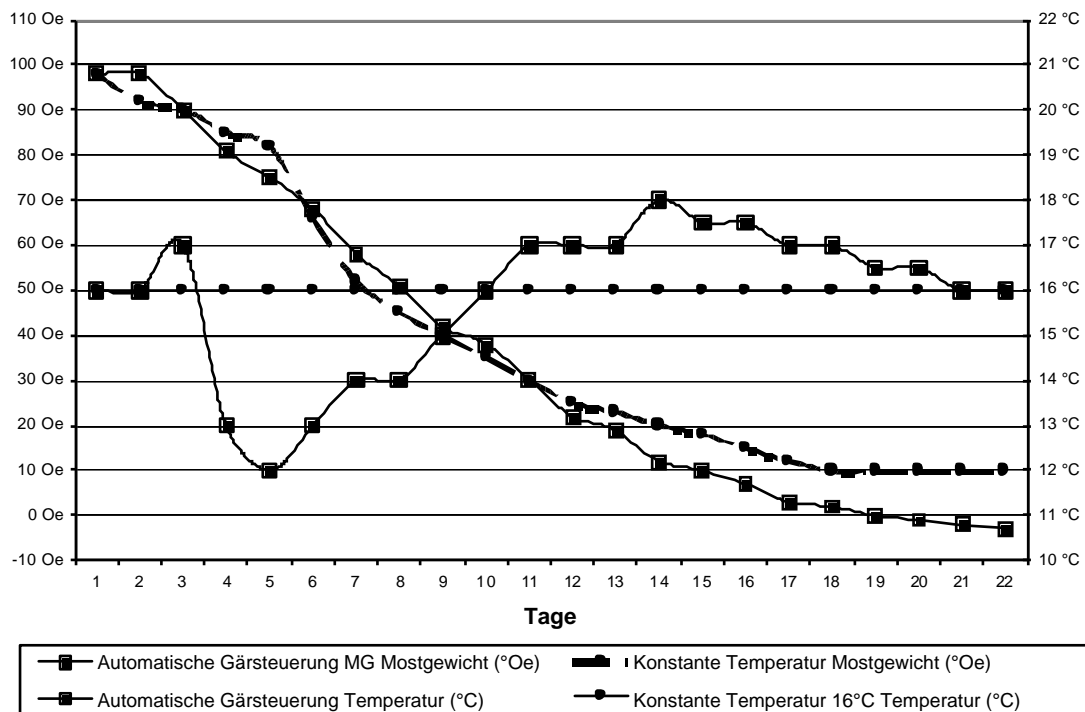


Abbildung 1: Gleicher Most - vergoren in zwei Tanks – im einen bei konstanter Temperatur, im andern mit der Gärintensität angepasster Temperatur (Hefe Riesling Heiligenstein 20 g/hl)

Tabelle: Vergleich von Messungen der Gärsteuerung Licht.

Tag	Temperatur		Mostgewicht		Zucker		
	Gär- steuerung	Most- waage	Most- waage	Gär- steuerung	Faust- formel	Gär- steuerung	Labor
1	15,7 °C	15,7 °C	91 °Oe	91 °Oe		217 g/l	216 g/l
7	16,9 °C	16,0 °C	38 °Oe	36 °Oe		73 g/l	72 g/l
12	19,2 °C	19,0 °C	9 °Oe	6 °Oe	28	23 g/l	22 g/l
14	18,6 °C	18,0 °C	4 °Oe	2 °Oe	18	11 g/l	10 g/l

Tabelle: System zur Gärsteuerung – geschätzte Fixkosten pro Jahr

- Zinssatz: 5 %
- Nutzungsdauer: 10 Jahre
- Restwert: 10 % vom Neuwert

	10 Tanks je 500€	25 Tanks je 500€	10 Tanks je 1.000€	25 Tanks je 1.000€
Anschaffungswert:	5000,-€	12.500,-€	10.000,-€	25.000,-€
AfA:	450,-€	1125,-€	900,-€	2250,-€
Zins	125,-€	315,-€	250,-€	625,-€
Reparatur/Wartung	300,-€	600,-€	300,-€	600,-€
Fixkosten gesamt	875,-€	1940,-€	1450,-€	3475,-€
Kosten je Liter bei 100.000 Litern	0,875 Cent	1,94 Cent	1,45 Cent	3,75 Cent
Zahlen gerundet				

Tabelle: Kosten je Liter einer manuellen Gärkontrolle für verschiedene Beispiele

	Arbeitsaufwand Spindeln und Temperaturkontrolle pro Tank	Anzahl der Tanks	Notwendige Tage Gärkontrolle	Arbeitskosten (Fachkraft 12,50€)	Kosten/l bei 100.000 Litern
1	10 Minuten	10	20	425,-€	0,04 Cent
2	10 Minuten	25	20	1065,-€	0,10 Cent
3	15 Minuten	25	20	1550,-€	0,15 Cent
4	15 Minuten	25	30	2350,-€	0,23 Cent
Zahlen gerundet					

Tabelle: Kosten einer stecken gebliebenen Gärung je 1000 Liter

Arbeitsaufwand 5 Akh	40,-- €
Hefe 50 g/hl	18,--€
Lysozym 15 g/hl	22,-- €
Kosten Erwärmung	5,-- €
Summe	85,-- €
Kosten je Liter	8,5 Cent

Die Hersteller haben versucht, die Kosten auf verschiedenste Weise zu drücken, dennoch sind weiterhin ungefähr 500,-€ bis über 1000,-€ je installiertem Tank zu veranschlagen.

Wollte man beispielsweise 25 Tanks mit einem Anschaffungswert von 25.000,- € installieren, so ergäbe sich daraus eine jährliche Abschreibung von 2250,- € (siehe Tabelle: Fixkosten pro Jahr). Bei einem Zinssatz von 5 % beträgt die jährliche Zinsbelastung 625,- € Für Reparatur und Wartung wären circa €600,- pro Jahr anzusetzen. Die Fixkosten würden sich somit auf insgesamt 3475,- € je Jahr belaufen. So ergäben sich Kosten von 3,75 Cent pro Liter Wein, wenn 100.000 Liter vergoren würden.

In einem günstigeren Beispiel mit nur 10 Tanks und einer Investition von €500,-- pro Tank wären es 0,875 Cent pro Liter.

Bedingt durch die hohen Investitionskosten ergeben sich gegenüber einer manuellen Gärkontrolle keine Kostenvorteile. Auch unter Annahme ungünstiger Voraussetzungen, wenn jede Mostgewichtsbestimmung und Temperaturkorrektur pro Tank 15 Minuten dauerte, die Arbeiten von einer Fachkraft mit einem Bruttostundenlohn von 12,50 € inklusive Arbeitgeberanteil vorgenommen und eine sehr lange Kontrolle der Gärung über 30 Tage hin notwendig würde, lägen die Kosten mit 0,23 Cent pro Liter immer noch um ein Vielfaches niedriger als bei automatischer Gärsteuerung. Zumal bei den Automatik-Anlagen aufgrund der geringen Stückzahlen Anlaufschwierigkeiten bei Inbetriebnahme zu erwarten sind und dadurch weitere Kosten drohen. So können bei einer solchen Anschaffung im Vordergrund nicht die Kosten stehen, sondern kaufentscheidend muss der Wille zu einer besseren Prozesskontrolle sein. Denn soviel steht fest, dass die Kosten einer stecken gebliebenen Gärung selbst dann, wenn der Wein schließlich noch durchgärte, um ein Vielfaches höher ausfallen als der Aufwand für die genannten Regelungen.

Probleme von Gärsteuerungen

Je nachdem, wie viele Anlagen ein Hersteller bereits verkauft hat, ist bei geringen Verkaufsstückzahlen mit Kinderkrankheiten der Installation und notwendigen Nachbesserungen durch den Hersteller zu rechnen. Die technische Umsetzung der theoretischen Vorgaben von Messung und Regulation ist bei solchen Apparaturen im Prinzip einfach und aus anderen Anwendungsbereichen bekannt. Dennoch hat sich gezeigt, wie komplex das System ist, das es in der praktischen Umsetzung zu meistern gilt. Bislang ist eine gewisse Affinität zum Tüfteln und Basteln unerlässlich notwendig, um die Anlagen am Laufen zu halten.

Erfahrungen am DLR Rheinpfalz zeigen weiter, dass die eigentliche Steuerung über die Gärung am PC sehr abstrakt geführt ist und seitens des Bedieners einige PC-Kenntnisse voraussetzt. Die Möglichkeiten des Ausdruck der Gärkurven und die grafische Gestaltung der Ansichten am Computer sind bislang wenig komfortabel, weil sie sich nicht an der klassischen Gärkurve orientieren.

Noch wichtiger als PC Kenntnis ist aber der Wille, sich tatsächlich das Know how der Steuerung per Computer zu erarbeiten. Die Datenlage lässt unter den dann gegebenen Voraussetzungen eine sehr viel aussagefähigere Beurteilung der Gärung zu, weil zum Beispiel die Dauer der Ventilöffnungszeiten der Kühlplatten einzusehen ist. Andererseits sind sensorische Kontrollen während der Gärung aber weiterhin unumgänglich notwendig, da eine Bockserbildung von den automatischen Sensoren nicht erkannt wird.

Um eine möglichst exakte Funktionsweise des Gerätes zu gewährleisten, empfiehlt es sich, vor der Gärung den Zuckergehalt möglichst genau zu bestimmen und in die Steuerung einzugeben. Wird allerdings im Nachhinein neuerlich Most in den Tank zugegeben, wäre dies fehlerträchtig.

Auch eine verspätete oder gestaffelte Anreicherung müsste manuell in die Steuerung eingegeben werden.

Beim biologischen Säureabbau wird CO₂ freigesetzt und gleichzeitig verändert sich dadurch auch die Dichte. Beim Abbau von 4 Gramm Äpfelsäure entstehen fast 2 Liter CO₂, da meist weniger als 4 g/L Äpfelsäure abgebaut werden liegt die Abnahme der Dichte oder die CO₂ Freisetzung unterhalb des messbaren Bereiches. Das von einer Steuerung nicht zwischen BSA und Gärung unterschieden werden kann ist also unerheblich.

CO₂-Messung

- Nur die genaue Ermittlung der Mostmenge erlaubt eine genaue Zuckerbestimmung.
- Abweichende Alkoholausbeuten können die Messung stören.
- Bei Fehlern der CO₂-Messung, wie sie durch Undichtigkeiten bei der Ableitung des Gases entstehen, müssen, um die Gärkurve wieder neu auszurichten, manuelle Eingriffe in die Steuerung und eine erneute Bestimmung des Zuckergehaltes erfolgen.
- Starkes Überschäumen des Tanks führt zu Problem und zum Verkleben von Ventilen beim Ableiten des Gases.
- Der zugelassene bzw. empfohlene Messbereich des Gassensors muss eingehalten werden. Bei der Gärung entstehen aus 200 Gramm Zucker ungefähr 100 Gramm Alkohol und 100 Gramm CO₂ pro

Liter. 100 Gramm CO₂ entspricht einem Volumen von 50 Litern. Ein 1000-Liter-Tank bedarf deshalb eines anderen Sensors als ein Tank mit einem Volumen von 100.000 Litern.

Dichtemessung

- Die Füllhöhe des Mostes muss die Messsensoren erreichen.
- Die Messung erfolgt über Differenzdruckmessung. Aus 4 mbar Druckabnahme in 20 Tagen wird der Restzuckeranteil bestimmt. Das entspricht der Druckabnahme in einem ein 4 cm hoch gefüllten Wasserglas, das innerhalb von 20 Tagen leer läuft. Deshalb sind die Rohre beim System des Herstellers Licht mit besonderer Sorgfalt vor der Gärung leer zu blasen, entweder manuell oder optional auch automatisch.
- Das mit Spindel oder Refraktometer ermittelte Mostgewicht muss mit dem Mostgewicht der Steuerung vor Gärbeginn abgeglichen werden.

Fazit:

Reine Kostenabwägungen werden nicht zu einer Investition in eine Gärsteuerung führen. In Betrieben normaler Größe ist die herkömmliche Gärkontrolle in jedem Fall deutlich kostengünstiger. In Großbetrieben hingegen findet inzwischen die Gärkontrolle über die FTIR - Analytik mit dem Winescan Eingang und dieses Verfahren bietet durch die Vielzahl der gemessenen Analyseparameter sehr genaue Rückschlüsse auf die Gärung und minimiert speziell für Großbetriebe ihre Risiken.

Die vollautomatisierte Gärsteuerung stellt ein komplexes System zur Gärüberwachung dar. In ihrem Rahmen erfolgt eine engmaschige, fortlaufende Kontrolle von Mostgewicht, Temperatur, Gärintensität, Gärdauer und Zuckerabnahme.

Mit Gärsteuerungen ist es möglich, über die Gäraktivität die Temperatur zu steuern. Insofern werden Gärstörungen abnehmen, weil die Temperatur dem Gärverlauf in kleinen Schritten angepasst werden kann. Eine verringerte Gäraktivität wird von der Steuerung sehr viel zeitnaher erkannt als dies mit einer manuellen Gärkurve jemals möglich ist, die Kühlung wird rechtzeitig zurückgefahren und die aus der Gärung resultierende Erwärmung verstärkt wiederum die Gärung. Dennoch kann zum Gärende ein zusätzlicher Wärmebedarf entstehen, der - um den gewünschten Endvergärungsgrad zu erreichen - über eine Heizung zu kompensieren wäre.

Die Gärkurve kann durch einen PC-Anschluss automatisch aufgezeichnet werden. Dadurch vervollkommt sich die Rationalisierung des Gärverfahrens; es kommt zu einer Optimierung des Gärverlaufes und zur Verringerung von Fehlerquellen.

Erste Erfahrungen mit den wenigen bislang installierten Anlagen belegen, dass die Entwicklung in diesem Bereich noch nicht abgeschlossen ist. Störungen nach der Inbetriebnahme sind nicht auszuschließen und Anlaufprobleme nicht ungewöhnlich.

Somit eignen sich solche Systeme für Betriebe, die fast ausschließlich trockene Weine erzeugen, für solche, die große Chargen und/oder teure Weine erzeugen und damit die Investitionskosten im Verhältnis zum Warenwert von untergeordneter Bedeutung sind. Oder für Betriebe bei denen der Betriebsleiter im Herbst darauf angewiesen ist schnell und ohne zusätzliche Hilfe die Gärung im Griff zu haben.

Einschlägige Erfahrungen mit stecken gebliebenen Gärungen und den daraus resultierenden Kosten verstärken die Bereitschaft zur Investition deutlich. Gutes handwerkliches Geschick und die Bereitschaft, am Computer zu arbeiten, sind für die Effizienz einer Gärsteuerung unabdingbar.

Tabelle 1: Anbieter von automatischen Gärsteuerungen (Kein Anspruch auf Vollständigkeit):

Hersteller/Modell/Internet-adresse	Messprinzip	Bemerkung
Licht / TIC / www.it-service-licht.de	Dichtemessung	Seit 2001 auf dem Markt
Kübler / VINOQUANT 20 / www.klug-shopping.de	CO ₂ -Messung	Markteintritt 2008, Funkverbindung ersetzt Kabel vom Tank zum PC, Eine eigne analytische Restzuckerbestimmung für Most optimiert die Genauigkeit.
ASL-Elektrotechnik / MayTec, / www.asl-e.de	CO ₂ -Messung	1 CO ₂ Messstation für mehrere Tanks mit ähnlichem Volumen.
Liquosystems / OptiDens / TopFlow / www.liquosystems.de/	CO ₂ -Messung Dichtemessung	Dichtesteuerung an ca. 50 Tanks installiert / TopFlow CO ₂ Messung kommt 2008 auf den Markt
WFT / VINPILOT-PROFI / www.weintechnologie.com	CO ₂ -Messung	1 CO ₂ Messstation für mehrere Tanks mit ähnlichem Volumen. Bussteuerung
Maselli misure / www.masellimisure.com	Refraktometermessung	Wird von Tank zu Tank bewegt / Schaumweinproduktion