

Der Schraubverschluss – technische und önologische Anforderungen

In: Die Winzer-Zeitung, No. 02, 33-35, 2009

Zum Verschließen von Weinflaschen finden zunehmend Schraubverschlüsse Anwendung, deren emotional begründete Ablehnung durch den Verbraucher schwindet. Sie lösen die technischen Probleme mit den traditionellen innendichtenden Verschlüssen und verbessern die Haltbarkeit der Weine, werfen aber auch bisher unbekannte Fragen auf. Volker Schneider, Schneider-Önologie in Bingen, berichtet über die Anforderungen an Wein, Dichtungsmaterial und Verschleißtechnik in Hinblick auf die Entwicklung des Weins auf der Flasche.

Der Schraubverschluss erfreut sich einer rasant zunehmenden Verbreitung als Verschlussoption für Weinflaschen. Nachdem er in Europa während Jahrzehnten ein Schattendasein auf regional begrenzten Märkten führte, verhalfen ihm im Jahr 2000 australische und neuseeländische Önologen zu einem überwältigenden Durchbruch in ihren Ländern. Ursache waren die positiven Ergebnisse und Erfahrungen aus beispiellos breit und systematisch angelegten Versuchsreihen zu Verschlussfragen, die dort seit Ende der 1990er Jahre mit hoher wissenschaftlicher Disziplin durchgeführt wurden. Auch im deutschsprachigen Raum verschwinden die anfänglichen Akzeptanzprobleme zusehends.

Diese Entwicklung ist keineswegs nur vor dem Hintergrund der bekannten Probleme mit Korkschmäckern und des günstigeren Preises der Schraubverschlüsse zu sehen. Auch ihre überzeugende Druckbeständigkeit sowie ihr leichtes Öffnen und Wiederverschließen waren nicht der entscheidende Anlass. Ausschlaggebend war vielmehr die bessere Haltbarkeit der Weine, die sich aus der geringeren Sauerstoffdurchlässigkeit der Schraubverschlüsse ergibt. Besonders im Bereich der oxidationsempfindlichen Weißweine ist in der Mehrzahl der Fälle eine verbesserte aromatische Stabilität oder, anders gesagt, eine langsamere Alterung zu verzeichnen.

Diese Grundaussage bleibt jedoch nicht immer unwidersprochen. Das hängt damit zusammen, dass die technische Information über diese Verschlüsse nicht Schritt hielt mit ihrer schnellen Verbreitung. Unterschiedliche Schraubverschlüsse und technische Unzulänglichkeiten bei ihrer Anwendung führen häufig zu Problemen, die fälschlicherweise dem Verschluss als solches angelastet werden. Eine weitere Ursache ist ein ungenügendes Verständnis der verschiedenen Varianten von Alterung und negativer Entwicklung auf der Flasche. Ihre chemischen Ursachen und sensorischen Ausdrucksformen werden nicht immer genügend differenziert und voneinander abgegrenzt.

Der Flaschenverschluss, seine Verarbeitung sowie Art und Zustand des Weins stehen in enger Wechselwirkung. Der Sauerstoffdurchlässigkeit des Verschlusses kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Im Falle des Schraubverschlusses entscheidet die Gasdichtigkeit der Einlage über seine Sauerstoffdichtigkeit und die Entwicklung des Weins auf der Flasche.

Bedeutung der Einlage

Jeder Schraubverschluss besteht aus einem äußeren Aluminiumzylinder und einer mehrschichtigen Einlage. Der äußere Zylinder fixiert die Einlage in korrekter Position und presst sie mit dem erforderlichen Druck an, indem er auf das Flaschengewinde angerollt wird. Seine Länge ist variabel und steht in keinem Zusammenhang mit der Dichtigkeit des Verschlusses. Für Wein gilt eine Abmessung von 30 x 60 mm (Breite x Länge) als internationaler Standard. Ein kürzerer Mantel, wie er zum Beispiel bei Mineralwasser üblich ist, führt in Verbindung mit Wein meist zu Image- und Absatzproblemen.

Die Einlage stellt den Abschluss zwischen Füllgut und Verschluss dar. Sie versiegelt die Flasche und dichtet gegen die Diffusion von Flüssigkeit und Gas ab. Damit entscheidet sie über die Dichtigkeit und die funktionelle Qualität des Verschlusses als solches.

Der Vielzahl von Verschlussanbietern stehen nur wenige Hersteller von Einlagen gegenüber. Üblicherweise kauft der Hersteller von Schraubverschlüssen die Einlagen und produziert den äußeren Mantel dazu.

Die zentrale Bedeutung der Einlage erfordert eine eingehendere Darstellung ihres möglichen Aufbaus und den sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Gasdichtigkeit. Ursprünglich bestand sie nur aus einem PVC-Compound, welches für Mineralwässer und Erfrischungsgetränke vollauf genügt. In-

zwischen enthalten die gängigen Varianten für Wein eine in Kunststoff eingebettete Zinnfolie. Sie ist für die außerordentliche Gasdichtigkeit verantwortlich, für die die Schraubverschlüsse üblicherweise bekannt sind. Zinn wird nicht durch den Wein angegriffen, ist absolut gasdicht und gleichzeitig relativ elastisch.

Verschlüsse mit Einlagen dieser Art wurden erstmals unter dem Handelsnamen "Stellvin" in Frankreich auf den Markt gebracht. Sie stellen noch heute eine Referenz dar. Mit ihnen wurden Anfang der 1970er Jahre die ersten Abfüllungen von Wein durchgeführt. Nach Ablauf der Patentrechte, die zuletzt in australischen Händen lagen, beschäftigen sich inzwischen mehrere Hersteller mit ihrer Produktion.

Sieht man sich die Einlage dieser Verschlüsse näher an, lässt sich ein Aufbau in drei Schichten mit einer Gesamthöhe von ca. 2,1 mm erkennen, bestehend, von oben nach unten, aus:

- expandiertes Polyethylen von 2,0 mm Stärke, welches durch seine Elastizität den festen Sitz der gesamten Einlage auf der Flaschenmündung sicherstellt. Es ist annähernd luftdicht, toleriert Druck- und Temperaturschwankungen und verhindert somit Leckagen. Seine Beständigkeit über mindestens 30 Jahre unter praktischen Lagerbedingungen ist inzwischen erwiesen;
- Zinnfolie von 0,02 mm Stärke, die für den eigentlichen Gasabschluss verantwortlich ist;
- PVDC (Polyvinylidenchlorid), auch unter dem Handelsnamen "Saran" bekannt, in einer Stärke von 0,02 mm. Es ist die einzige Oberfläche, die in direktem Kontakt mit dem Wein und der Flaschenmündung steht. Es ist für den Flüssigkeitsabschluss verantwortlich. Teilweise wird es durch Polyethylen ersetzt.

Die minimale Sauerstoffdiffusion, die man selbst den dichtesten Einlagen nicht absprechen kann, erklärt sich durch die letztgenannte Kunststoffschicht, welche die Zinnfolie von der Flaschenmündung trennt und ein gewisses Fenster für eine Sauerstoffaufnahme darstellt. Eine Gasdiffusion durch die Zinn- oder wie immer auch geartete Metallfolie ist ausgeschlossen.

Da Zinn ein relativ teures Metall darstellt, wird es teilweise durch Aluminium ersetzt. Dieses ist weniger formbar und passt sich damit weniger gut den unvermeidbaren Toleranzen in der Flaschenmündung an. Als Folge können sporadische Oxidationserscheinungen bei schlecht verschlossenen Flaschen auftreten. Um die wahre Natur der Metallfolie zu erkennen, wird sie durch vorsichtiges Abschälen der Kunststoffschicht freigelegt. In Natronlauge von 3 % löst sich Aluminium alsbald auch, während Zinn unter diesen Bedingungen beständig ist.

Im Zuge der Entwicklung kommt es zu einer zunehmenden Diversifizierung des Angebotes an Einlagen mit Abweichungen von der gängigen Norm.

Einfluss auf Reifung und Alterung

Die Sauerstoffaufnahme durch Naturkorken schwankt zwischen 2 und 20 mg O₂ im ersten Jahr mit einem Mittelwert um 12 mg. Auch synthetische Korken erlauben, mit einer gewissen Abhängigkeit vom Herstellungsverfahren und dem Material, eine relativ hohe, oft zu hohe Sauerstoffaufnahme. Deshalb sind die meisten Kunststoffstopfen nur für eine kurzfristige Lagerung von ein bis zwei Jahren geeignet. Bei Schraubverschlüssen reduziert sich die Sauerstoffzufuhr auf 0,5 bis 4 mg O₂ pro Jahr.

Im Einzelfall können sehr gute Naturkorken die Dichtigkeit von Schraubverschlüssen durchaus erreichen, tun dies in der Praxis jedoch äußerst selten. Das optische Erscheinungsbild der Korken gibt keinen Hinweis auf ihre Gasdichtigkeit. Darüber hinaus sind die beachtlichen Streuungen zwischen den Einzelstücken innerhalb einer Charge, wie man sie von den Naturkorken her kennt, bei den industriell gefertigten Verschlüssen ausgeschlossen.

Die Sauerstoffaufnahme durch den Verschluss führt zu einer Oxidation der SO₂. Dabei ist zu beachten, dass nur ein Teil des Sauerstoffs durch freie SO₂ abgefangen wird. In Weißweinen beträgt dieser Anteil 60-80 %. Der Rest reagiert mit anderen Weininhaltsstoffen und ist die für bekannten Folgen der oxidativen Alterung verantwortlich.

Der fast absolute Sauerstoffabschluss der klassischen Schraubverschlüsse mit Zinnfolie in der Einlage führte zu verständlichen Zweifeln an der Fähigkeit der Weine zur Reifung und Alterung. Verständlich deshalb, weil die durch Sauerstoff induzierte, oxidative Alterung, wie man sie von Weinen unter Kork kennt, praktisch ausbleibt. Für einige Rotweine, die unfertig oder zu früh abgefüllt werden und eine

gewisse Reifung verlangen, mag dieser Einwand gerechtfertigt sein. Kaum jedoch für gängige fruchtige Weißweine, wo eine durch Sauerstoffexponierung in der Flasche hervorgerufene Reifung einer unerwünschte Alterung entspricht, welche den gegenwärtigen Qualitätsvorstellungen widerspricht. Der prozesstechnisch bedingten Sauerstoffaufnahme wird im Wein- und Winzerebereich nicht die ihr gebührende Bedeutung beigemessen.

Sofern Weißweine überhaupt einer Sauerstoffaufnahme zur vollen Entfaltung ihres Fruchtaromas bedürfen, belaufen sich die entsprechenden Mengen auf weniger als 5 mg/l O₂ in den der Filtration nachgelagerten Phasen. Reste von Feinhefe vor der Filtration zehren zutretenden Sauerstoff und entziehen ihn so der Reaktion mit Weinhaltstoffen. In der Praxis wird die genannte, äußerst geringe Sauerstoffmenge fast immer bei der Filtration, Abfüllung und all den damit verbundenen Schritten aufgenommen. Nur wenige, extrem schonend arbeitende Betriebe sind in der Lage, diesen Wert zu unterschreiten. Nur in diesen seltenen Fällen kann eine verschlussbedingte Sauerstoffaufnahme die Fruchtaromatik in den ersten Monaten nach der Abfüllung verstärken. In der Breite und langfristig gesehen ist ein Sauerstoffzutritt nach der Abfüllung der Haltbarkeit fruchtiger Weißweine jedoch deutlich kontraproduktiv.

Grundsätzlich unterscheidet man die durch Sauerstoff induzierte Alterung von einer Sauerstoff-unabhängigen Alterung. Durch Sauerstoffabschluss auf der Flasche wird die Reifung nicht aufgehoben, sondern nur verlangsamt. Tritt Sauerstoff hinzu, addiert sich die durch Sauerstoff induzierte Alterung zu der Sauerstoff-unabhängigen Alterung und beschleunigt den Alterungsprozess insgesamt. In den sauerstoffsensiblen Weißweinen äußert sich diese Art der oxidativen Alterung in ihrer extremsten Form als Altersfirne.

Anormale Varianten der Alterung wie UTA und Petrolton entstehen unabhängig von einer eventuellen Sauerstoffaufnahme. Somit werden sie nicht durch den Flaschenverschluss beeinflusst.

Einfluss auf Lagerböckser

Ein anderes Argument gegen den absoluten Sauerstoffabschluss führt die verstärkte Neidung zur Ausbildung von Lagerböcksern ins Feld. Lagerböckser kann man als eine spezifische Form der Alterung ansehen, die unter reduktiven Bedingungen entsteht. Die Gasdichtigkeit der gängigen Schraubverschlüsse versagt dem Wein die Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoff, wie man sie von den meisten Korken her kennt und die der Bildung unterschwelliger Böckser auf der Flasche entgegen wirken kann. Dabei wird gern übersehen, dass nicht der Schraubverschluss als solches für das Entstehen von Lagerböcksern verantwortlich ist. In Verbindung mit anderen, dem Böckser förderlichen Faktoren wie Kupferkarenz und Licht kann er jedoch die Neigung zur Böckserbildung verstärken, sofern der Wein grundsätzlich ein Potenzial dazu aufweist. Leider sind solche Weine relativ häufig anzutreffen.

Eine der Ursachen für das weit verbreitete Böckserpotenzial ist der reduktive Ausbau der Weißweine in Edelstahl. Er versagt den Weinen die Aufnahme von Spuren dienenden Kupfers, wie es noch im Zeitalter der Messingarmaturen in den Weinen vorzufinden war. Damals enthielten die meisten Weine 0,2-0,7 mg/l Kupfer (als Cu⁺) und manchmal auch mehr mit Kupfertrübungen als Folge. Niemand sprach dabei von Aromaeinbußen. Weine aus mit Edelstahl ausgestatteten Kellern enthalten nur noch 0,0-0,1 mg/l Cu⁺.

Durch die gezielte Dosage von Kupfersulfat (0,1 g/hl) vor dem Abfüllen wird die natürliche Kupferkarenz behoben und das Aroma gegen eine zunehmende Überlagerung durch böckserige Komponenten geschützt. Wer dieser Maßnahme vorhält, das Aroma des Weins in Mitleidenschaft zu ziehen, hat die Größenordnung nicht verstanden. Die geringe Menge von 0,1 g/hl Kupfersulfat entspricht 0,25 mg/l Kupfer (als Cu⁺) und damit nicht mehr als praktisch alle Weine in längst vergangenen Jahrzehnten enthielten. Über 95 % der Böckser können mit dieser geringen Kupfermenge verhindert oder beseitigt werden. Wie so oft in der Önologie ist auch hier alles eine Frage der Größenordnung.

Die präventive Dosage von Kupfersulfat vor der Abfüllung ist in Nichts zu vergleichen mit der sicher strapaziösen Behandlung starker oder gar abgehockter Böckser. Sie entspricht vielmehr einer Aromastabilisierung vor der Abfüllung. Ähnlich wie die Weine auf eine Lagerung unter Kork vorbereitet werden, zum Beispiel durch die Einstellung einer etwas höheren SO₂, erfordern sie auch eine gezielte Vorbereitung auf die Abfüllung mit Schraubverschluss. Reduktiver Ausbau zum Erhalt der Fruchtaromen und Böckserfreiheit lassen sich ohne Spuren von Kupfer schwerlich miteinander vereinbaren.

Die Bedeutung des Kopfraums

Die beschriebenen Auswirkungen des Schraubverschlusses auf Entwicklung und Haltbarkeit der Weine beruhen auf der Voraussetzung, dass tatsächlich eine Einlage mit Zinnfolie zum Einsatz kommt und kein Sauerstoff im Kopfraum der verschlossenen Flaschen vorliegt. Doch genau dieser Kopfraum kann die Verhältnisse wesentlich relativieren. Er beträgt mit 15-17 ml ein Vielfaches von dem unter Kork. Besteht er aus Luft, ist damit ein erheblicher Sauerstoffeintrag verbunden. In 16 ml Luft sind nämlich 4,67 mg Sauerstoff enthalten, die den Wein in einer Flasche von 0,75 l mit 6,2 mg/l O₂ belasten. Diese Menge ist für Weißweine nicht unerheblich. In der Größenordnung entspricht sie der mittleren Sauerstoffzufuhr durch Korken während eines halben Jahres. Sie kann die an sich gute Gasdichtigkeit der Schraubverschlüsse relativieren. In Abhängigkeit von der Art des im Kopfraum befindlichen Gases erklären sich divergierende Ergebnisse aus Versuchsanstellungen mit Schraubverschlüssen.

Abbildung 1 zeigt, welchen Einfluss die Höhe eines mit Luft befüllten Kopfraums auf die Sauerstoffbelastung des abgefüllten Weins hat. Besteht das Ziel des Einsatzes von Schraubverschlüssen in einer Verbesserung der Haltbarkeit von Weißweinen durch verringerte Sauerstoffzufuhr, ist eine Evakuierung oder Überschichtung des Kopfraums mit Inertgas zwingend. Andernfalls nähert sich die Sauerstoffaufnahme den Verhältnissen unter Kork an.

Läuft ein Wein aus dem Füllrohr in eine mit Luft befüllte Flasche, beträgt die Sauerstoffaufnahme, mit einer gewissen Abhängigkeit vom Füllsystem, 0,3 bis 0,7 mg/l. Diese Menge ist verschwindend gering gegenüber dem Sauerstoff, der in einem mit Luft gefüllten Kopfraum zur Verfügung steht. Eine Spülung der Flaschen mit Inertgas vor ihrem Befüllen ist somit nicht entscheidend für die Sauerstoffbelastung des Weins, obwohl sie, richtig durchgeführt, eine Evakuierung oder Überschichtung des Kopfraums überflüssig machen kann.

Variable Sauerstoffzufuhr durch Wahl der Einlage

Da die Zusammenhänge zwischen Sauerstoffbedarf, Reifung, Böckserpotenzial und Art des Kopfraums zu wenig bekannt sind, werden zunehmend Schraubverschlüsse mit höherer, aber auf jeden Fall definierter Sauerstoffdurchlässigkeit entwickelt. Eine solche Lösung besteht im alleinigen Einsatz von PVDC und Polyethylen als Einlage unter Verzicht auf jegliche Metallfolie, auch bekannt als "Saranax". Andere Lösungen befinden sich in der Entwicklung oder bereits auf dem Markt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Sauerstoffdurchlässigkeit der dazu eingesetzten Materialien.

Ziel dieser Entwicklung ist es, mit einer frei wählbaren und genau festgelegten Sauerstoffaufnahme der Kreativität der Weinmacher Rechnung zu tragen und die Möglichkeit zu schaffen, unterschiedliche Weinstile durch variablen Sauerstoffzutritt zu schaffen. Gleichzeitig kann der Einfluss exakt definierter Sauerstoffmengen auf die Entwicklung des Weins nach der Abfüllung getestet werden. Mit Naturkorken war dies kaum möglich, weil die Sauerstoffdurchlässigkeit zwischen den einzelnen Korken selbst innerhalb eines eng umschriebenen Korkloses um ein Vielfaches schwankt. Daraus erklärt sich das Problem unterschiedlich entwickelter bzw. gealterter Flaschen innerhalb einer Füllung.

Entscheidet man sich für Schraubverschlüsse mit einer höheren Sauerstoffaufnahme als sie die Einlage mit Zinnfolie gestattet, wird eines der entscheidendsten Argumente für die Einführung des Schraubverschlusses entkräftet – sein Sauerstoffabschluss und die damit verbundene bessere Haltbarkeit der Weine. Die Bedeutung des Sauerstoffs für die Reifung wird meist überschätzt, während sie umgekehrt für die Haltbarkeit der Weißweine unterschätzt wird. Das Problem der defizitären Haltbarkeit von Weißwein ist weltweit bekannt. Es besteht kein rationaler Grund, diese Problematik zu verschärfen, wenn man ihr andererseits durch den Einsatz gut dichtender Schraubverschlüsse entgegen wirken kann. Die Einlage mit Zinnfolie sollte damit der Standard für Schraubverschlüsse zumindest im Bereich der Weißweine bleiben.

Anforderungen an die Flaschen

Flaschen mit Gewindemündung sind geringfügig teurer als solche mit Bandmündung. Die Gewindemündung wird durch eine eigene Gussform hergestellt, die auf jedes beliebige Flaschenformat aufgesteckt werden kann. Das Gewinde soll kurz unterhalb (1,8 mm bei der inzwischen gängigen BVS-Mündung) der Oberkante der Flaschenmündung beginnen, damit die Einlage mit großer Auflagefläche, dichtend und ohne Gaseinschlüsse über das Mündungsprofil gezogen werden kann. Gaseinschlüsse zwischen Einlage und Glas würden die mechanische Stabilität in Frage stellen.

Das Verschließen erfolgt durch das seitliche Formen des Aluminiummantels, entsprechend den Gewindegängen des Flaschenhalses, bei gleichzeitiger vertikaler Anpressung auf die Dichtungslippe der Flaschenmündung. Der im Verschließkopf liegende Plunger überträgt den Kopfdruck auf den Schraubverschluss. Dabei zieht er den Verschluss um eine vorgegebene Tiefe um den Mündungsbereich nach unten und presst die Einlage sowohl auf der Oberseite als auch der Seitenflanke der Flaschenmündung an. Dazu muss ein ausreichender Verschleißdruck auf den Verschluss wirken. Die so erreichte Abdichtung wird durch die anschließende Ausformung des Aluminiummantels durch die Gewinderollen nach dem vorgegebenen Flaschengewinde gefestigt. Die darunter sitzenden Förderrollen fixieren anschließend den Sprengring, der lediglich zur Sicherung vor ungesetzlicher Wiederverwendung angebracht wird. .

Für den Sitz und eine ausreichende Dichtigkeit des Schraubverschlusses ist eine hohe Gleichmäßigkeit der Flaschengeometrie notwendig. Die Gewindemündungen erfordern geringere Toleranzen als Bandmündungen. Dies hat seine Gründe:

Bei der Bandmündung ist die innere Oberfläche entscheidend für die Verschlussqualität des Korks, denn Kork ist ein innendichtender Verschluss. Bei der Gewindemündung hingegen hängt die Verschlussqualität von der Gleichmäßigkeit der Mündungsoberfläche ab, auf der die Einlage des Schraubverschlusses aufsitzt. Die Einlage passt sich Unregelmäßigkeiten der Mündungsoberfläche weniger gut an als der Kork den Unregelmäßigkeiten der Mündungsinnenwand. Daraus resultiert die Problematik beschädigter Mündungen, wie sie bei Verarbeitung, Lagerung und Spülung gebrauchter Flaschen entstehen können. Sie äußern sich in Schäden am Gewinde oder an der Mündungsoberfläche.

Zweifellos wird die Dichtigkeit der Schraubverschlüsse auch durch die Qualität der Flaschen bestimmt. Verschluss, Flaschen und Verschleißmaschine müssen genauer aufeinander abgestimmt sein als dies bei der Verarbeitung von Korken erforderlich ist. Dass dies nicht immer der Fall ist, belegen punktuell auftretende Leckagen. Wenn die Verarbeitung von Schraubverschlüssen nicht in der Lage ist, einen Flüssigkeitsdurchtritt zu verhindern, kann sie noch weniger einen massiven Gasdurchtritt verhindern. Ein rapider Zerfall der Qualität ist die Folge. Wer diese relativ anspruchsvolle Verschleißtechnik nicht beherrscht, ist mit Korken eindeutig besser bedient.

Zusammenfassung

Die Verarbeitung von Schraubverschlüssen ist technisch anspruchsvoller als die von Korken. Eines der entscheidenden Argumente für ihre zunehmende Verbreitung ist ihre meist geringe Sauerstoffdurchlässigkeit. Sie führt zu einer besseren Haltbarkeit der Weine, wenn gewisse Anforderungen an deren Vorbehandlung, den Flaschenkopfraum, die Einlage des Verschlusses und die Verschleißtechnik erfüllt sind. Der Sauerstoffbilanz vor, während und nach dem Abfüllen kommt eine entscheidene Bedeutung bei der Bewertung des Verschlusses zu.

Tab. 1: Sauerstoffdiffusionsrate ($\text{mg/m}^2 \text{O}_2$ pro Tag) durch verschiedene Einlagen in Schraubver-

schließen.		
Material	Bezeichnung	Sauerstoffdiffusionsrate (mg/m ³ O ₂ pro Tag)
Polyethylen	PE	7000 - 14000
Polyethylenterephthalate	PET	150 - 300
Polyvinylidenchlorid	PVDC	15 - 80
Zinn	Sn	< 10

Abb. 1: Sauerstoffaufnahme (mg/l O₂) aus dem mit Luft gefüllten Kopfraum einer Flasche von 0,75 Ltr.

