

aufzuhalten. Weiterhin nachteilig ist, dass das Präparat nach etwa 5 Wochen seine Wirkung eingebüßt hat (Bamberger u. Mitarb., 2002; Fröhlich u. Mitarb., 2004).

2-Ethoxyhexa-3,5-dien kann von Milchsäurebakterien aus dem Konservierungsstoff Sorbinsäure, Hexa-2,4-diensäure, gegen den sie nur wenig empfindlich sind, durch Reduktion zum entsprechenden Alkohol, Isomerisierung und Veretherung gebildet werden. Diese Substanz verursacht den „Geranienton“ (zutreffender „Pelargonienton“), der früher oft in Weinen mit Zusatz konservierter Süßreserve zu beobachten war. Vermeidbar ist er durch normale Schwefelung.

Weitere unerwünschte Nebenreaktionen s. Weinkrankheiten (Kap. 5.5.2).

Die Hefe *Schizosaccharomyces pombe* baut ebenfalls Äpfelsäure ab, und zwar zu Alkohol und CO₂, sodass der Entsäuerungseffekt recht nachhaltig ausfallen kann. Versuche mit Reinzuchten sind daher im Gange.

5.5 Ausbau, Weinkrankheiten, Weinfehler, Weinbehandlung

5.5.1 Ausbau

Der Ausbau des Jungweins beginnt mit dem 1. Abstich und dient, zweckmäßig unter analytischer Absicherung (Kap. 6.1), der Entwicklung seiner Eigenart und Qualität, der völligen Klärung, der Verhinderung oder Beseitigung von Fehlern, erforderlichenfalls durch Schönungen und andere Behandlungsmaßnahmen (Kap. 5.5.4), und der Stabilisierung (Übersicht bei *Wucherpfeffernig*, 1989). Er wird heute vorwiegend im Tank durchgeführt, doch wird zur Förderung der Reife oft auch einige Zeit im

Fass gelagert. Je nach Art des Weines dauert es etwa 3 bis 9 Monate, bei schweren und gerbstoffreichen Sorten wie Bordeaux einige Jahre, bis die Füllreife erreicht ist. In der Flasche setzt sich der Ausbau noch langsam bis zum Höhepunkt fort, wonach dann die Alterung, vorwiegend fortschreitende Oxidationsvorgänge, einsetzt, bei leichten und säurearmen Weinen rascher, bei alkohol- und säurereicheren langsamer (Kap. 8.3).

Beim Ausbau spielt sich eine Vielzahl unterschiedlicher Prozesse ab:

- ◆ Der Säureabbau kommt zum Ende. Einige Tage nach dem vollkommenen Abbau der Äpfelsäure (Malatabbau) hat auch der Zitronensäuregehalt des Weines auf null abgenommen;
- ◆ spontan scheiden sich labile Proteine, Reaktionsprodukte mit Gerbstoffen, Polymerisationsprodukte von Polyphenolen, schwer lösliche Salze (Weinstein, Calciumtartrat u. a.) ab, ein Vorgang, der durch kolloide Substanzen, wie Pektin und Polysaccharide, verzögert werden kann (Kap. 5.4 Weinsteinstabilisierung);
- ◆ Ester- und Acetalgleichgewichte stellen sich ein, was für die Aromaausbildung wichtig ist, ebenso wie
- ◆ langsame Oxidationsvorgänge, namentlich im Holzfass, das immer etwas sauerstoffdurchlässig ist.

Eine neue Möglichkeit, Rotwein oxidativ zu reifen, ist die Mikrooxygenierung. Mittels spezieller Fritten werden geringe Mengen Luft oder Sauerstoff eingeperlt, wobei die geeignete O₂-Dosis je nach Rebsorte bei 0,5 bis über 0,6 mg/l und Monat bei einer Behandlungsdauer von 1 bis 6 Monaten liegt. Ähnlich wie bei der Holzfasslagerung wird so bei Rotwein

eine Verbesserung der sensorischen Eigenschaften erreicht.

Dadurch hat man es in der Hand, den Ausbau mehr oxidativ oder durch Luftausschluss, Schwefelung, Ascorbinsäure mehr reduktiv zu gestalten. Im ersten Fall resultieren beruhigte, vollmundige Weine, besonders wuchtige Rotweine, im zweiten vor allem spritzig-frische Weißweine, die dem heutigen Geschmack entsprechen, der die früher beliebte feine, reife Firne nicht mehr schätzt (s. auch Redox-Potenzial und ITT-Wert, Kap. 6.1.3).

Die Aufnahme von Holzbestandteilen ist in „weingrün“ gemachten und immer wieder benutzten Fässern (Kap. 5.7.1) praktisch ohne Bedeutung. Anders, wenn der Wein, wie besonders im Bordeauxgebiet, in Burgund und im Riojagebiet üblich, in kleinen neuen Fässern, „barriques“ von 225 l Inhalt, ausgebaut wird. Dann werden je nach Art des Eichenholzes unterschiedlicher Provenienz, seiner Behandlung beim Fassbau (Trocknung, Dämpfen, „Toasten“ = Ausbrennen des Fassinneren) und der Lagerzeit (wenige Wochen bis über ein Jahr) unterschiedliche Mengen Cellulose- und Ligninabbauprodukte, Gerbstoffe und andere phenolische Substanzen, z. B. auch Vanillin, Flavonoide, deren Derivate usw. abgegeben, die den „Holzton“ verursachen und dem Wein nach entsprechender Ausbauzeit einen besonderen Charakter verleihen (Kap. 6.2.4). Barrique-Ausbau wird neuerdings, etwas modebedingt, weltweit und auch bei uns praktiziert. Hierzu können die Fässchen nur zwei-, höchstens dreimal benutzt werden, sodass sich ihr Anschaffungspreis (zurzeit etwa 650 €) deutlich auf den Weinpreis auswirkt. Daher wird mancherorts versucht, den Barrique-Ausbau durch Einbringen dünner Eichenholzbrettchen, in den

USA und in Kanada von Eichenholzspänen in die Fässer oder Tanks zu ersetzen (s. auch *Binder*, 2001). In der EU ist die Verwendung von Eichenholzstücken („Chips“) seit 2006 in der Weinbereitung ebenfalls erlaubt, nicht jedoch bei deutschen Prädikatsweinen.

Nach Untersuchungen in der Lehr- und Versuchsanstalt Weinsberg (*Maurer* und *Zvorschni*, 1989, 1999) eignen sich dazu von unseren Rotweinsorten körper- und alkoholreichere Lemberger, Dornfelder und Burgundersorten bei Lagerzeiten bis zu etwa 15 Monaten. Weine, die jung und frisch getrunken werden sollen, vertragen nur einige wenige Monate. Weißweine, bei denen man ja bisher den Gehalt an phenolischen Substanzen niedrig zu halten suchte, sind weit empfindlicher gegen die vom Fass abgegebenen Substanzen und die sich darin verstärkt abspielenden Oxidationsvorgänge. Für den Barrique-Ausbau kommen daher extraktreiche Sorten infrage, deren Art weniger durch fruchtiges Bukett bestimmt ist, wie Grauburgunder, Chardonnay, evtl. auch kräftigerer Silvaner. Die Lagerzeit sollte nicht zu lange sein, auch wird empfohlen, im Barrique schon zu vergären, weil die Hefe einen Teil der phenolischen Substanzen adsorbiert. Nachreifung auf der Flasche ist erforderlich. Auf jeden Fall müssen Traubenreife und Extraktgehalt des Mostes zum Barrique-Ausbau stimmen, von dem gesagt wird: „Große Weine werden dabei noch größer, aber kleine kleiner“ („große Weine brauchen kleine Fässer“).

Für in jugendlichem Zustand getrunkene Weine nach Art des Beaujolais Primeur (Beaujolais Nouveau), der schon am 3. Donnerstag des Novembers im Lesejahr in den Verkehr gebracht werden darf und deshalb auch wirtschaftlich interessant ist, werden Verarbeitung, Gärung und Ausbau beschleunigt, z. B. durch CO₂-Mazeration, rasche Gärung mit Kaltgärhefe, frühen Abstich, reduktiven Ausbau, Kältestabilisierung und entkeimende Filtration. Trotz des relativ einfachen, aber frischen, fruchtigen Aromas hat der Beaujolais Primeur,

von dem seine Winzer „sitt fait, sitt buet, sitt piss“ (früh gemacht, früh getrunken, früh ...) sagen, viel Anklang auch außerhalb Frankreichs gefunden und sich zum Exportschlager auch nach Deutschland entwickelt hat.

Bei Gärung, Ausbau und Lagerung ist stets mit *Schwund* und *Abgängen* an Wein zu rechnen. Die Weinüberwachungs-Verordnung (Kap. 7.3) lässt folgende Höchstsätze gelten:

- ◆ monatlicher Lagerverlust im Holzfass 0,4%;
- ◆ in anderen Behältnissen von mehr als 60 l 0,05 %;
- ◆ Verluste bei der Verarbeitung von Traubenmost zu Wein 8 %;
- ◆ Verluste durch Behandlungen und Abfüllung 5 %.

Daher müssen die Fässer und Tanks, um den Luftkontakt gering zu halten, immer wieder mit gleichartigem Wein aufgefüllt werden.

5.5.2 Weinkrankheiten

Weinkrankheiten werden von Mikroorganismen verursacht. Um ihnen vorzubeugen, ist deren Entwicklung zu unterdrücken, was je nach Eigenschaften und Auftreten durch Maische- oder Mostpasteurisierung, Schwefelung, Luftausschluss, zügige, aber kühle Vergärung, entkeimende Zentrifugierung oder Filtration und kühle Lagerung möglich ist. Versuche, Most und Wein durch Einwirkung hoher Drucke mikrobiologisch zu stabilisieren, verlaufen an der Universität Bordeaux erfolgreich.

Die häufigsten Krankheiten und mögliche weitere Maßnahmen sind:

- ◆ *Kahmigwerden*, durch Kahmhefen bei Luftkontakt: hellgraue Kahmhäute an der Oberfläche, fremdartiger, störender Ge-

ruch und Geschmack, zu bessern durch Aktivkohlebehandlung oder Umgärung (Kap. 5.5.4 Weinhefe).

- ◆ *Essigstich*, durch Essigbakterien (Gluconobacter- und Acetobacter-Arten), die schon auf beschädigten Trauben tätig werden können. Sie sind wärmeliebend, sauerstoffbedürftig und SO_2 -empfindlich, was die Bekämpfung erleichtert. Enzymatisch führen sie Ethanol über Acetaldehyd in *Essigsäure* über, die zusammen mit den daneben entstehenden Spuren von *Ethylacetat*, *Acetoin*, *Propionsäure* usw. den stechenden, kratzenden „Stich“ hervorrufen. Auch Kahmhefen und Milchsäurebakterien können dazu beitragen. Die entstandenen Säuren werden analytisch als „*flüchtige Säure*“ erfasst (Kap. 6.1). Werden folgende Höchstmengen überschritten, ist der Wein verdorben und nur noch zur Essigherstellung verwendbar: Weiß- und Roséwein 18 Milliäquivalent/l (als Essigsäure berechnet 1,08 g/l), Rotwein 20 Milliäquivalent/l (als Essigsäure 1,20 g/l) (Ausnahmen bis 25 bzw. 30 Milliäquivalent für Eiswein, Beerenauslese und Trockenbeerenauslese sowie für einige spezielle französische und italienische Weine). Als Vorbeugungsmaßnahme ist gute Kellerhygiene wichtig, z. B. Vermeiden von Weinresten oder -pfützen als Infektionsquellen. Die Entfernung von Essigsäure aus Wein durch Umkehrosmose und Ionenaustausch ist in der EU ein nicht-weinkonformes Verfahren.
- ◆ *Milchsäurestich*, vor allem durch Lactobacillen und Pediococcen, die bei Anwesenheit von Zucker neben Milchsäure Diacetyl und Acetoin mit sehr niedrigem Geschmacksschwellenwert ($1:10^6$) Ester und flüchtige Säuren bilden: an Sauerkraut

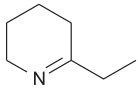
erinnernder Geruch und Geschmack, der nur in leichten Fällen („Milchsäureton“) durch Aktivkohlebehandlung gebessert werden kann. Einhaltung eines pH-Wertes unter 3,5 unterdrückt die Bakterien.

- ◆ *Zähwerden* durch *Pediococcus*- und *Leuconostoc*-Arten, die bei Anwesenheit von Zuckern viskositätserhöhende *Polysaccharide* bilden: Der Wein fließt schleimig-ölig bis zum Fadenziehen. Die Viskosität lässt sich durch mechanische Beanspruchung, schon durch den Rotor einer Pumpe oder durch Ablassen des Weines durch eine Brause (Oxidationsgefahr!) herabsetzen. Bei gleichzeitigen Geschmacksfehlern (flüchtige Säuren) Aktivkohlebehandlung.
- ◆ *Brettanomyces-Ton* („Brett-Note“) durch die Schadhefe *Brettanomyces bruxellensis*/*Dekkera bruxellensis*, die aus den natürlichen Weininhaltsstoffen p-Cumarsäure und Ferulasäure (s. Kap. 6.2.4 Phenolische Substanzen, Gerbstoffe, Weinfarbstoffe) die flüchtigen Phenole 4-Ethylphenol, 4-Ethylguajacol und 4-Ethylcatechol bildet und damit das Weinaroma negativ verändert. Die Hefegattung findet sich weltweit in Weinkellereien, bevorzugt in Holzfässern (Barriques), da die Mikroorganismen in der Lage sind, auch Holzzucker (Xylose, Cellobiose) zu verstoffwechseln. Die Vergärung von 275 mg/l an unvergorenem Zucker, sehr viel weniger als die normalen Restzuckermengen, führt nach *Chatonnet* u. Mitarb. (1995) bereits zu einer deutlich wahrnehmbaren Aromaveränderung des Weines. Vor allem Rotweine sind deshalb von dieser Weinkrankheit befallen. Der sensorische Eindruck des Brett-Aromas wird häufig als phenolisch, animalisch, Leder, Pferdestall beschrieben. Während der Gärung auch Bildung von

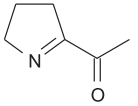
Essigsäure und -ethylester (Lösungsmittelton). Nur *D. bruxellensis*, *D. anomala*, *Pichia guilliermondii* sowie drei *Candida*-Arten sind zu der enzymatischen Umwandlung in der Lage (*Hesford* u. a., 2004; *Röder* u. a., 2007). Minderung durch Sterilfiltration unmittelbar, nachdem der Fehlton bemerkt wird. Geringfügige Belastungen können infolge der Bildung geschmackloser Verbindungen (Ethoxyethylphenolen) wieder verschwinden, bei stärkerer sensorischer Beeinträchtigung Verschnitt mit einwandfreiem Wein.

- ◆ *Bitterwerden*, durch *Pediococcus*- und *Leuconostoc*-Stämme, die aus Glycerin 1,3-Propandiol und dem ungesättigten Aldehyd *Acrolein* bilden, der mit Polyphenolen bitter schmeckende Verbindungen eingeht. Besonders gerbstoffreiche Rotweine sind gefährdet. Aktivkohlebehandlung bessert, entfernt aber auch Farbstoff (s. auch *Trichothecium*, Kap. 4.3.5.4 und 6.3.3).
- ◆ *Mäuselton* (Mäuseln). Dieser eher seltene, aber ernst zu nehmende, nach Mäuselurin riechende Weinfehler tritt in säurereichen Weinen (und Obstweinen) mit pH-Werten zwischen 3,5 und 4 bisweilen auch heute noch auf. Sensorisch manifestiert sich der Fehler, je nach Erfahrung des Verkosters, von unsauber, fehlerhaft über muffig-stichig bis mäuselnd (nach Käfigmäusen riechend). Die den Mäuselton verursachenden Verbindungen haben die unangenehme Eigenschaft, lange am Gaumen haften zu bleiben, sodass bei rascher Probenfolge die auf den mäuselnden Wein folgenden Muster fälschlicherweise als mit diesem Fehler behaftet beurteilt werden. Verursacht wird das mäuselnde Fehlroma von den drei geschmacksintensiven heterozyklischen Stickstoffverbindungen

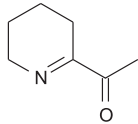
2-Ethyltetrahydropyridin, 2-Acetyl-1-pyrrolin und 2-Acetyltetrahydropyridin.



2-Ethyltetrahydropyridin



2-Acetyl-1-pyrrolin



2-Acetyltetrahydropyridin

Die den Mäuselton verursachenden Leitsubstanzen aus dem Stoffwechsel von *Brettanomyces*-/*Dekkera*-Hefen und Milchsäurebakterien

Seltener auftretende Krankheiten sind *Mannitstich* durch Milchsäurebakterien, die in nicht durchgegorenen, noch Fructose enthaltenden Weinen *Mannit*, Essigsäure, Milchsäure und Nebenprodukte bilden und süßlich-säuerlichen, kratzenden Geschmack verursachen;

Buttersäurestich durch Clostridien in säurearmen Weinen;

Umschlagen, worunter verschiedene, meist mit Weinsäure- und Glycerinabbau verbundene Veränderungen (Trübungen, Nachgärung, Farbveränderungen) zusammengefasst werden.

5.5.3 Weinfehler

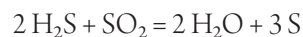
Weinfehler werden durch chemische und physikalische Vorgänge oder durch Kontamination verursacht, sind aber nicht immer scharf von mikrobiologischen Veränderungen zu trennen (Nomenklatur und Beurteilung bei *Klenk*, 1972 und *Eder*, 2000; *Lemperle*, 2007).

Farbfehler

- ◆ *Braunwerden* durch Oxidation und Kondensation von Polyphenolen (Hochfarbigkeit), schon in Maische und Most beginnend (Oxigenasen aus Trauben und Mikroorganismen): von der Oberfläche ausgehende Verfärbung, bei Rotwein unter Farbzerstörung bis zur Trübung („brauner Bruch“), Ausbildung des an Dörrobst erinnernden *Rahngeschmacks*. Maßnahmen: s. Luftgeschmack, ferner Inaktivierung der Oxigenasen (SO₂, Erhitzung) oder Entfernung durch Schönung, Reduzierung der phenolischen Substanzen (Schönung, Mostoxidation);
- ◆ *schwarzer Bruch* durch Reaktion von Fe(III) mit phenolischen Substanzen, s. auch weißer Bruch;
- ◆ *Blauwerden* des Weines an der Luft: Zeichen für Überschönung mit Kaliumhexacyanoferrat(II), s. Kap. 5.5.4 und 6.1.3. Solcher Wein ist genussuntauglich.

Geruchs- und Geschmacksfehler

- ◆ *Böckser*, meist durch schwefelhaltige Verbindungen, die auf die Hefetätigkeit zurückgehen;
- ◆ *Schwefelwasserstoffböckser* infolge H₂S-Bildung aus Sulfaten, Sulfid, von der Mehltaubekämpfung stammendem Schwefel (Kap. 5.4.1) oder aus schwefelhaltigen Aminosäuren. Beseitigung: Leichter Böckser gleich nach der Gärung verschwindet infolge oxidativer Vorgänge von selbst, sonst Schwefelung



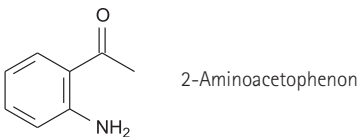
oder Behandlung mit Kupfersulfat oder -citrat (s. Kap. 5.5.4):

Durch Reaktion des H₂S mit Gärungsprodukten entsteht der

- ◆ *Mercaptanböckser* (Lagerböckser), schon durch Spuren von Ethylmercaptan und dessen Oxidationsprodukt Diethyldisulfid möglich; ähnlich der
- ◆ *Hefeböckser* bei längerem Kontakt mit sich zersetzender Hefe (*Rauhut*, 1996);
- ◆ *Spritzmittelböckser* (Aromaböckser), durch Rückstände mancher schwefelhaltiger Pflanzenschutzmittel, namentlich bei reduktivem Ausbau. Verhütung: Abschluss-spritzung im Weinberg mit Kupferpräparaten (Kap. 4.3.5.4), weitgehende Trubentfernung im Most. Aromaveränderungen auch durch Insektizid-Rückstände möglich (*Meistermann*, 1993). Durch scharfe Vorklärung (Entschleimung) kann ein Böckser auch bei geringer Nährstoffversorgung des Mostes erfolgreich verhindert werden;
- ◆ *Esterton* („Klebstoffton“) durch Hefearten und -stämme (*Hanseniaspora*-Arten), die größere Mengen *Ethylacetat* und andere Ester bilden; bis 80 mg/l sind normal, bei mehr als 200 mg/l ist der Wein verdorben (*Dittrich*, 1987). Abhilfe: Vergären mit Reinzuchthefer. Leichter Esterton im Jungwein verschwindet beim Ausbau, sonst Durchgasen des Weines mit CO₂;
- ◆ *Frostgeschmack* durch Oxidationsvorgänge in frostgeschädigten Beeren. Behandlung: Bentonit- oder Gelatine-Kieselsol-Schönung, evtl. Aktivkohle;
- ◆ *Geranienton* (zutreffender: Pelargonienton) durch Einwirkung von Milchsäurebakterien auf Sorbinsäure (Kap. 5.4.3);
- ◆ *Gerbstoffgeschmack* (Rappengeschmack), Kammgeschmack, „Holzton“ bei Barrique-Ausbau erwünscht; Kap. 6.2.4), bei starker mechanischer Beanspruchung der Trauben (Vollerntemaschinen), zu langem Stehen auf der Maische oder zu starkem Auspressen; ähnlich
- ◆ *grasige Note*, an frisch geschnittenes Gras erinnernd, in Maische aus nicht abgebeerten Trauben möglich;
- ◆ *Hagelgeschmack*, infolge von Pilzbefall der geschädigten Beeren;
- ◆ *Industrietron*, *Kreosot*, *Lösungsmittel*, *Rauchgeschmack* durch Stoffe aus Anstrichmitteln, Holzschutzmitteln (z. B. mit Carbolinum behandelten Weinbergpfählen), Abgasen von Feuerungsanlagen, Motoren, Mülldeponien, die von der Cuticula der Beeren festgehalten werden. Maßnahmen: Entschleimung des Mostes, Behandlung des Weines mit Aktivkohle oder Bentonit;
- ◆ *Kochgeschmack*, an geschmortes Rotkraut erinnernd, entsteht bei Erwärmung von Maische oder Most unterhalb der Inaktivierungstemperatur der Oxigenasen oder bei zu langer und zu hoher Erhitzung. Maßnahmen: Kurzzeiterhitzung, Aktivkohle, Gelatineschönung;
- ◆ *Korkgeschmack*, durch fehlerhafte Flaschenkorken entweder infolge Wachstums von Sesquiterpene bildendem *Penicillium roquefortii* oder als Folge der üblichen Chlorbleiche, wobei u. a. Trichlorphenol entsteht, das durch Pilze zu 2,4,6-Trichloranisol methyliert wird (Wahrnehmungsgrenze in Wein etwa 4–10 ng/l (ng = 10⁻⁹ g; 1 ng/l = 1 ppt = 1 part per trillion) je nach Wein; s. auch Kap. 5.7.3). Beseitigung durch Aktivkohle/Gelatineschönung, in der einzelnen Flasche aber nicht praktikabel;
- ◆ *Luftgeschmack*, wenn stark ausgeprägt *Firngeschmack*, durch oxidative Vorgänge bei Luftkontakt, namentlich *Acetaldehydbildung* aus Ethanol, auch in der Flasche unter undichtigem, bei stehender Aufbewahrung ausge-

- trocknetem Korken oder sauerstoffdurchlässigem Polyethylenstopfen, oft verbunden mit Braunfärbung. Gegenmaßnahmen: Entfernung leicht oxidierbarer Bestandteile schon aus dem Most (Mostoxidation, Kap. 5.2), im Wein Luftausschluss (evtl. Schutzgas, Kap. 5.5.4); SO₂ oder Ascorbinsäure als Reduktionsmittel; Oxigenaseninaktivierung; Auffrischen durch Einleiten von CO₂; Vorbeugung: liegende Lagerung der Flaschen (s. auch Kap. 8.3 Umgang mit Flaschenweinen);
- ◆ *Metallgeschmack*, durch Lösen von Eisen (auch Rost), Kupfer, Zink, Aluminium aus Geräten, Armaturen, Tanks: metallisch-adstringierend (nicht verwechseln mit Gerbstoff- und Holzgeschmack!). Heute selten infolge der Verwendung von Edelstahl, Kunststoffen, Schutzanstrichen. Beseitigung von Eisen, Kupfer und Zink durch Blauschönung;
 - ◆ *Muffton* und *Schimmelgeschmack*, aus pilzbefallenem Lesegut oder durch Kontakt mit schimmelbefallenen Geräten, Schläuchen, Materialien und Behältern („Fassgeschmack“). Muffton auch durch Fassbehandlung mit bestimmten Holzschutzmitteln. Behandlung: Aktivkohle, Gelatine-Kieselsol-Schönung (vgl. auch Korkgeschmack, oft nur schwierig zu unterscheiden). Neuere Untersuchungen von *Kugler* u. a. (1997) und *Rapp* (1995, 1996) geben Hinweise auf die Bildung weiterer Stoffe während der Herstellung der Flaschenkorken durch Verschimmelung und Hypochloritbleichung, die zur Entstehung des Kork-/Mufftones im Wein beitragen können;
 - ◆ *Schwefelsäurefirne*, durch Oxidation von schwefliger Säure, wenn leer stehende, gegen Essigstich und Schimmelbefall eingeschwefelte Fässer vor dem Wiederbefüllen nicht ausreichend gewässert wurden: nicht mehr zu behebbender, hart saurer, die Zähne „stumpf“ machender Geschmack;
 - ◆ *Styrolton*, durch Abgabe von Styrol aus unzureichend hergestellten oder ungenügend nachbehandelten Tanks aus glasfaserverstärktem Polyesterharz. Styrol wird dem ungesättigten Kunstharz kurz vor dem Formen in genau abgestimmter Menge zugesetzt. Es wird als Vernetzer einpolymerisiert, wodurch das Harz aushärtet. Reste müssen danach durch Ausdämpfen des Tanks entfernt werden. Später kann aggressive Reinigung oder Rissbildung zu Verletzung der Tankinnenflächen führen, sodass tiefere Harzschichten freigelegt werden, in denen sich noch freies Styrol befindet. Beseitigung des Styroltones ist mit Aktivkohle oder durch Durchblasen des Weines mit CO₂ möglich, aber mit Aromaverlusten verbunden;
 - ◆ „*Untypische Alterungsnote*“ (UTA) wird ein Fehleroma bezeichnet, das in den letzten Jahren nach längerer Lagerung von Weißweinen in Flaschen, aber auch schon in Jungweinen beobachtet wurde. Manche Verkoster sprechen auch von „Akazienton“, Geruch „nach alten Schränken“, „nassen Handtüchern“, „schmutziger Wäsche“, „Mottenkugeltön“ (Naphthalinton) – ein Musterbeispiel dafür, wie schwierig die Beschreibung eines sensorischen Eindrucks sein kann. *Rapp* (1995, 1996) stellte fest, dass das Fehleroma auf 2-Aminoacetophenon zurückzuführen ist, das auch z. B. in Bier auftreten kann. Sensorisch macht es sich schon ab 0,7 µg/l bemerkbar, sobald andere Aromastoffe zurücktreten, etwa wenn die bei der Gärung entstehenden Ester während der Lagerung abgebaut werden oder in Wein aus früh gelesenen Trauben. Die Substanz entsteht in

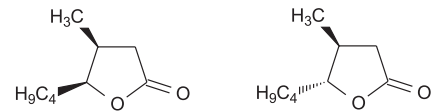
Wein aus früh gelesenen Trauben, bei sehr hohen Erträgen, bei Stress-Situationen der Rebe, wie Wassermangel in Trockenjahren bzw. durch Begrünungs-Konkurrenz und mangelnde Stickstoffdüngung. Die weitgehende Vermeidung dieser weinbaulichen Faktoren kann die Ausbildung des Weinfehlers minimieren oder auch ganz verhindern (*Sponholz* u. a., 2001; *Fox*, 2000). Der Chemismus der Entstehung über das Pflanzenhormon Indol-3-essigsäure wurde von *Hoenike* u. Mitarb. (1999, 2000) studiert. Kellertechnisch kann die Bildung von 2-Aminoacetophenon durch den Zusatz von Ascorbinsäure (Vitamin C) vor dem Schwefeln des Jungweins entscheidend vermindert werden. Der von *Gefßner* u. Mitarb. (1999, 2002) ausgearbeitete „Würzburger UTAFIX-Test“ gibt Aufschluss über die UTA-Neigung von Weißweinen und dient als Entscheidungshilfe für den Weinausbau mit oder ohne Ascorbinsäure.



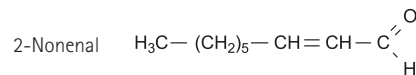
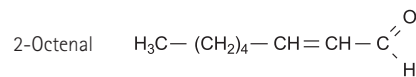
- ◆ Ein *Aromafehler* in Wein durch Bildung von Pyroglutaminsäure (5-Oxoprolin) aus Glutamin wurde von *Pfeiffer* u. Mitarb. 2000 und 2001 (Institut für Mikrobiologie und Weinforschung, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz) näher untersucht. Die Reaktion verläuft danach, abhängig von Temperatur und herrschendem pH-Wert, spontan. Sie kann durch Zugabe ausgewählter Hefestämmen vor der Gärung verhindert oder reduziert werden;
- ◆ *Holzton* (Sägemehlton). Weine aus neuen Eichenholzfässern, speziell aus den kleinen

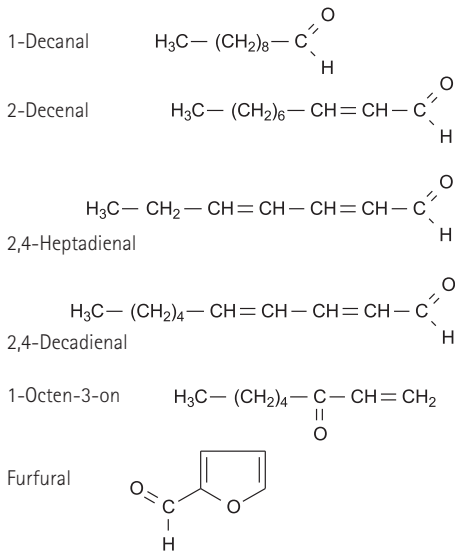
225 l fassenden Barriques, weisen häufig einen unangenehmen Holzton (Sägemehlton) auf. Besondere sensorische Bedeutung kommt dabei den „Eichenlactonen“ (cis- und trans-3-Methyl-4-octalacton) zu, den Hauptkomponenten im Geruch des frischen Holzes der verschiedenen Eichenarten. Weine mit einem hohen Gehalt an cis-3-Methyl-4-octalacton weisen intensivere Holznoten sowie zusätzlich ausgeprägtere Vanille-, Kokos- und Röstaromen, keineswegs aber einen „Sägemehlton“ auf, als Weine mit vergleichbaren Konzentrationen der trans-Isomere, die durch Medizin-, Nelken- und Heunoten gekennzeichnet sind.

Die gaschromatografische Analyse von Eichenholzextrakten ermöglichte die Zuordnung einiger Verbindungen zum störenden, weinfremden Holzton/Sägemehlton. Nach diesen Ergebnissen ist der Aldehyd-2-Nonenal die für den Fehlton verantwortliche Substanz. Weiter tragen dazu bei: 2-Octenal und 1-Decenal. 3-Octen-1-on verursacht einen pilzig-erdigen Geruch. 2,4-Heptadienal, 2,4-Decadienal und 2-Decenal konnten nicht in allen Holzarten nachgewiesen werden. Der Beitrag von 2-Ethyl-hexanol-1 erscheint eher gering.



Whisk(e)ly-(Eichen-)Lacton
(cis- und trans-5-Butyltetrahydro-4-methylfuran-2-on)





Lichtinduzierte Veränderungen

Die auf den Wein einwirkende Lichtenergie und Lichtmenge hängt von der Farbe des Flaschenglases und der Wandstärke der Flaschen ab. Erwartungsgemäß ist bei farblosen Flaschen die Einwirkung auf den Wein am stärksten, da dieses Glas im gesamten sichtbaren und nahen UV-Spektralbereich durchlässig ist. Während Braunglas für energiereiches Licht unterhalb 450 nm undurchlässig ist, lässt „normales“ Grünglas in diesem Bereich noch einen erheblichen Lichtanteil durch. Spezial-Grünglas mit Zusatz eines UV-Absorbers zeigt dagegen eine wesentlich stärkere Lichtabsorption zwischen 350 und 450 nm als das „normale“ Grünglas. So ist die Qualitätseinbuße durch Lichtexposition des Weines in farblosen Flaschen am ausgeprägtesten. Der auftretende Fremdton wird als brennig, gummiartig, böckserähnlich beschrieben. Die Farbe der bestrahlten Proben ist deutlich heller als die der unbestrahlten Kontrolle. In den gefärbten Flaschen präsentierte sich der Wein in der Reihenfolge: Braunglas → UV-Grünglas → normales Grünglas. Die

Qualitätsunterschiede in Abhängigkeit von der Wandstärke sind vernachlässigbar.

Weintrübungen

- ◆ Treten Trübungen nach dem Ausbau auf, ist zu prüfen, ob sie einfach durch Separieren oder Filtrieren beseitigt werden können, eine Schönung erforderlich machen oder eine Krankheit des Weines anzeigen. Auf jeden Fall muss einem nachträglichen Auftreten in der Flasche vorgebeugt werden. Andernfalls bleibt keine andere Möglichkeit, als alle befallenen Flaschen aufzuziehen, den Wein zu „stürzen“, zu stabilisieren und erneut abzufüllen;
- ◆ *Hefetrübung*, in Restzucker enthaltendem, nicht steril abgefülltem Wein: staubige, sich streifig absetzende Trübung, CO_2 -Entwicklung. Vorbeugung: entkeimende Filtration, Sorbinsäurezusatz.
- ◆ *Bakterientrübung*, meist durch säureabbauende Bakterien: schleimige oder seidig-glänzende Trübung mit schwacher CO_2 -Entwicklung und Geschmacksveränderungen. Vorbeugung: EK-Filtration, Pasteurisierung, Schwefelung;
- ◆ *Eiweißtrübung*, durch Ausfallen von Eiweiß-Gerbstoffverbindungen, von Eiweiß bei Erreichen des isoelektrischen Punktes in Weinen infolge pH-Veränderung oder von in manchen Jahrgängen verstärkt auftretendem thermolabilem Eiweiß bei Temperaturveränderung, vor allem bei Erwärmung, seltener bei Abkühlung. Vorbeugung: Bentonitbehandlung (Kap. 5.5.4 und 6.1.3); Abbau durch immobilisierte Proteasen ist im Versuchsstadium;
- ◆ *Weinsteinausscheidung* (Kaliumhydrogentartrat) in glänzenden, harten Kristallen oder Krusten, gibt bei Unkundigen gele-

gentlich zu erstaunlichen Mutmaßungen Anlass („Gift“, „Zuckerung“); Weinsteinstabilisierung s. Kap. 5.5.4; ähnlich

- ◆ *Calciumtartrat*, besonders nach Entsäuerung mit Calciumkarbonat;
- ◆ *Calciummucate*, Abscheidung sehr kleiner Kristalle oder weißer, kleiner Drusen bei Edelfäule (*Botrytis* ist Schleimsäurebildner), meist stark verzögert auftretend. Abhilfe: Herabsetzung des Calciumgehaltes mittels DL-Weinsäure;
- ◆ *Weißer Bruch*, *Eisentrübung*, weißlich-schleierige Abscheidung von Eisen(III)-phosphat, wenn im Wein gelöstes Fe(II) zu Fe(III) oxidiert. Zu verhüten durch Blauschönung, ebenso wie die
- ◆ *Kupfertrübung* durch Kupfersulfid, andere schwer lösliche Kupferverbindungen und, in stark reduktivem Wein, durch kolloides Kupfer.

(Identifizierung von Trübungen und Abscheidungen: Müller, 1989).

5.5.4 Stoffe und Verfahren zur Weinbehandlung

Die Liste der Stoffe, die nach den EG-Bestimmungen bei der Weinbehandlung verwendet werden dürfen, ist stattlich. In der Öffentlichkeit werden daher immer wieder Beschränkungen oder ins Detail gehende Deklarationen verlangt. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass gerade beim Wein vor jeder Zulassung dank der Mithilfe der Internationalen Organisation für Rebe und Wein weltweit die gesundheitliche Unbedenklichkeit und technische Notwendigkeit im Interesse des Verbraucherschutzes, der Hygiene und der Qualität geprüft werden, dass für die

zugelassenen Stoffe strenge Reinheitsanforderungen bestehen, dass Hilfsstoffe nur vorübergehend im Wein verbleiben und dass die Stoffe nie alle gleichzeitig angewandt werden, die meisten nur in analytisch kontrollierten, in Vorversuchen ermittelten Mengen; in einigen komplizierten Fällen ist sogar Überwachung der Anwendung durch Oenologen vorgeschrieben.

Wichtig ist gleichmäßige Zumischung der Behandlungsstoffe. Deshalb dürfen sie, obwohl grundsätzlich *Zusatz von Wasser verboten* ist, soweit erforderlich (technisch unvermeidbar) in etwas Wasser gelöst angewandt werden.

Die EG-Mitgliedstaaten können einerseits die Verwendung der Stoffe beschränken, um die Eigenart ihrer Weine zu erhalten, andererseits für Versuchszwecke weitere Stoffe und Verfahren befristet zulassen.

Behandlungsstoffe und önologische Verfahren (Stand 2000)

Weinhefe, Gärungshilfsstoffe

- ◆ *Reinzuchthefer* (Kap. 5.4.1); *frische Weinhefe*, dickflüssig, aus ausgegorenem Jungwein (bis 5 l/hl) zur Beseitigung von Farb- und Geschmacksfehlern (Hefeschönung);
- ◆ „*Heferindenzubereitungen*“ (Hefezellwände zur adsorptiven Bindung von Hemmstoffen, bis 40 g/hl; s. Kap. 6.2.1);
- ◆ *Diammoniumphosphat*, *Ammoniumsulfat* (je bis 0,3 g/l), *Ammoniumsulfid* oder *-bisulfid* (je bis 0,2 g/l), zusammen bis 0,3 g/l und
- ◆ *Thiaminhydrochlorid* (bis 0,6 mg/l Thiamin) als Hefenährstoffe (Kap. 5.4.2);
- ◆ *Milchsäurebakterien* zur Förderung des bakteriellen Säureabbaus (Kap. 5.4.3).