

Oenologisches Kompendium

No. 2 - II./2002

Zur Beurteilung des Tannins der Rotweine und seiner Adstringenz

Volker Schneider, Oenologisches Institut, Bingen

Die Adstringenz ist eines der charakteristischen sensorischen Merkmale von Rotweinen. Oft mit Bittere verwechselt, handelt es sich dabei nicht um einen Geschmackseindruck, sondern um eine Reizung der Schleimhäute des Mund- und Rachenraumes. Sie wird hervorgerufen durch das Tannin, welches den Weißweinen weitgehend abgeht. Auch die Anthocyane sind daran beteiligt. Sie sind nicht nur verantwortlich für die rote Farbe, sondern weisen auch gustatorische Qualitäten auf. Mit dem Tannin gehen sie chemische Reaktionen mit sensorischen Konsequenzen ein. Deshalb ist es gerechtfertigt, Tannin und Anthocyane im Zusammenhang zu sehen und von einem Tannin-Anthocyan-Komplex zu sprechen.

Die Adstringenz ist keineswegs ein fest vorgegebener Sinneseindruck mit zeitlich stabiler Intensität, sondern unterliegt Veränderungen während Ausbau und Lagerung der Weine. Diese Variabilität wird durch chemische Reaktionen des Tannin-Anthocyan-Komplexes verursacht, die im Wesentlichen Vorgänge der Polymerisation umfassen. Unter Polymerisation versteht man das Zusammenlagern von vielen kleinen zu wenigen großen Molekülen. Reaktionen dieser Art können durch kellertechnische Maßnahmen, die man unter dem Begriff des Tannin-Managements zusammenfasst, beeinflusst werden.

Die Zusammenhänge zwischen Weinbereitung, Tanningehalt und der sensorischen Wahrnehmung der Adstringenz sind nur in Grundzügen bekannt. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über das Entstehen von Adstringenz, die quantitative und qualitative Zusammensetzung des Tannins am Beispiel deutscher Rotweine, Maßnahmen des Tannin-Managements und die daraus resultierenden Folgen für die Adstringenz.

Das Wesen der Adstringenz

Über die Bedeutung eines rechten Maßes an Adstringenz für Qualität, Akzeptanz und Abgrenzung der Weintypen voneinander herrscht weitgehend Übereinstimmung. Trotzdem wird sie in der Praxis der sensorischen Qualitätskontrolle nur selten als solche quantifiziert, sondern meist unspezifisch im Rahmen des übergeordneten Begriffs der Rotweinart beurteilt. Verantwortlich dafür ist zum Teil eine ungenügende Differenzierung der Sinneseindrücke, die der Wein beim Passieren des Mund-Rachen-Raumes hinterläßt.

Die Adstringenz zählt zu den sogenannten trigeminalen Empfindungen. Dieser Name rührt von dem 5. Hirnnerv, dem Nervus trigeminus her. Er ist an der Chemorezeption im Bereich von Mund, Nase und Rachen beteiligt und fungiert vor allem als Tastnerv, der sämtliche thermischen, Tast- und Schmerzreize der Mundregion an das Gehirn weiterleitet. Zu den trigeminalen Empfindungen zählen außer der Adstringenz des Tannins auch das Brennen des Alkohols, die Schärfe des Pfeffers, das Prickeln der Kohlensäure, das Stechen der schwefligen Säure, und die kühlende Wirkung von Menthol. Schon daraus geht hervor, dass es sich bei der Adstringenz keineswegs um einen Geschmackseindruck handelt, der sich aus den vier Grundgeschmacksarten süß, sauer, bitter und salzig ableiten oder erklären ließe. Adstringenz ist ein Sinneseindruck, der eigenständig und unabhängig von anderen sensorischen Wahrnehmungen bemessen wird. Daran ändert auch die Tatsache nichts, dass Adstringenz und Bittere im Tannin des Weins gleichzeitig auftreten und von ungeschulten Verkostern nicht genügend differenziert werden. Ihr Zusammenwirken beschreibt man als Tannizität. In gut gemachten Weißweinen ist sie mangels Tannin nicht vorzufinden. Für Rotweine ist sie charakterisierend.

Im Rahmen von Prüferschulungen haben sich Tanninlösungen als ungeeignet erwiesen, die Adstringenz unabhängig von einer gleichzeitig wahrnehmbaren Bittere darzustellen. Besser bewährt haben sich wässrige Lösungen von Ammoniumeisensulfat, um ausschließlich Adstringenz als solche zu modellieren.

Anders als Schmerzreize werden trigeminale Stimuli vom menschlichen Organismus nicht ausschließlich negativ bewertet. Substanzen, die eindeutig trigeminale Empfindungen auslösen, können nicht nur toleriert, sondern im Gegenteil in Nahrungs- und Genußmitteln besonders geschätzt werden. Das Tannin des Rotweins und der Alkohol in Destillaten sind dafür nur Beispiele. Diskutierbar ist ausschließlich die Intensität der Wahrnehmung, die als positiv bewertet wird.

Die Frage, warum sensorisch irritierende Stoffe als angenehm empfunden werden können, ist noch nicht vollständig beantwortet. Möglicherweise spielen hormonelle Prozesse oder die Sucht nach Erregungen eine Rolle. Nach diesem psychobiologischen Erklärungsansatz würde die als positiv empfundene Wirkung trigeminaler Reizempfindungen dadurch zustande kommen, dass ein relativ schwacher, noch schmerzfreier Reiz das chemosensorische Wahrnehmungssystem aktiviert, welches seinerseits den

Organismus alarmiert und so eine Steigerung des allgemeinen Aktivitätsniveaus bewirkt, die letztlich als angenehm empfunden wird. Offensichtlich sind bei der individuellen Ausprägung trigeminaler Präferenzen, ähnlich wie bei geschmacklichen Vorlieben, Lern- und Konditionierungsprozesse beteiligt (3). Anders ist es nicht zu erklären, dass Einsteigerweine selten tanninreiche Rotweine sind. Der Mensch ist in der Lage, genetisch angelegte Aversionen nicht nur zu überwinden, sondern durch Lernprozesse in Präferenzen umzuprogrammieren. So nimmt die Akzeptanz tanninreicher Rotweine erst nach einer längeren Phase des Rotweinkonsums zu.

Psychobiologische Prozesse erklären also, warum eine Adstringenz bestimmter Intensität in Abhängigkeit von der Konsumerfahrung als positiv, zu stark oder zu schwach empfunden wird.

Entstehung von Adstringenz

Das Gefühl der Adstringenz entsteht, wenn Proteine des Speichels mit Tannin reagieren und ausgefällt werden. Dieser Vorgang entspricht der klassischen Eiweiß-Gerbstoff-Reaktion (10). Dabei verliert der Speichel seine Wirkung als Gleitmittel im Mund- und Rachenraum unter Entstehung eines Sinneseindrucks, den man als scheuernd, reibend, pelzig, gebend und austrocknend beschreibt. Die Reibung ergibt sich bei der Bewegung verschiedener Teile der Mundschleimhaut aneinander vorbei und spricht den Tastsinn an. Daraus geht das mechanistische Prinzip der Adstringenz hervor. Das Gefühl kann noch mehrere Minuten nach Beendigung der Stimulation - Unterschlucken oder Ausspucken des Weins - anhalten, und zwar um so länger, je höher die Konzentration des Tannins ist. Durch Desorption des Tannins von den Schleimhäuten des Mundraums nimmt es schließlich wieder ab. Grundsätzlich nimmt mit steigender Tanninkonzentration die Adstringenz stärker zu als die Bittere.

Die vollständige sensorische Beschreibung der Adstringenz kann nur durch sogenannte Zeit-Intensitäts-Methoden erfolgen (17,21). Sie berücksichtigen, wie bereits aus dem Begriff hervorgeht, sowohl die Intensität als auch die zeitliche Dauer der Wahrnehmung. Dies wird im Rahmen sensorischer Studien umgesetzt, indem die wahrgenommene Intensität in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet wird. Daraus ergeben sich Zeit-Intensitäts-Kurven, von denen eine exemplarisch in Abbildung 1 dargestellt ist. Aus solchen Diagrammen lassen sich mehrere Parameter ableiten: die maximale Intensität (I_{max}), die Zeit bis zum Erreichen der maximalen Intensität (T_{max}), die Gesamtdauer der Wahrnehmung (T_{tot}), sowie die Intensität der Reaktion auf den Stimuli als Fläche unterhalb der Kurve.

Proteine eiweißreicher Speisen wirken kompetitiv mit dem Eiweiß des Speichels und setzen die adstringierende Wahrnehmung herab, indem sie selbst Tannin komplexieren. Daraus erklärt sich die Eignung von Käse zur Begleitung tanninreicher Rotweine.

Die Intensität der Wahrnehmung von Adstringenz schwankt zwischen Individuen in Abhängigkeit vom individuellen Speichelfluß. Je niedriger der Speichelfluß, desto stärker die Wahrnehmung, desto länger die Zeitspanne bis zum Erreichen des Maximums, und desto länger das zeitliche Anhalten der Wahrnehmung (8).

Die Reizung der Mundhöhle bewirkt eine Stimulierung der Speichelsekretion. Dadurch wird nach einer gewissen Zeit die ursprüngliche Schmierwirkung wieder hergestellt. Der Zeitfaktor spielt bei der Rekonstitution des Speichels eine erhebliche Rolle. Die klassischen Adaptionerscheinungen treten in diesem Fall jedoch nicht auf. Im Gegenteil, Intensität und zeitliches Anhalten der Adstringenz nehmen bei wiederholter Aufnahme von Rotwein zu, und zwar um so stärker, je kürzer die Intervalle zwischen den Proben sind (17). Der Verbrauch der Proteine des Speichels im Verlauf wiederholter Stimulierung erklärt die zunehmend längere Dauer des Sinneseindrucks und der nachfolgenden Erholungsphase. Bei Dauerbelastung kommt es zu einer Sensibilitätszunahme mit der Folge, dass Unterschiede in der Adstringenz falsch bemessen werden. Dieses Problem der Sensibilisierung stellt sich bei umfangreichen Rotweinproben. Deshalb ist es sinnlos, bei sehr tanninreichen Weinen die Prüfer mit mehr als 12-15 Proben zu überfordern. Zumindest sind Phasen der Desensibilisierung im Verlauf längerer Probenserien erforderlich. Die sensorische Bemessung der Adstringenz in der innerbetrieblichen Qualitätskontrolle und bei Versuchsauswertungen erfordert präzise genormte Probenintervalle zur Erzielung reproduzierbarer Prüferleistungen.

Sensibilisierungerscheinungen und Unterschiede im individuellen Speichelfluß erklären, warum ein bestimmtes Tannin unterschiedlich stark adstringent empfunden wird.

Messung des Tannins als Summenparameter

Aus dem Vorangegangenen geht hervor, dass die sensorische Beurteilung der Adstringenz problematisch ist, weil sie von den Individuen und den Prüfbedingungen abhängig ist. Trotzdem kommt ihr eine erhebliche Bedeutung zu, weil die Adstringenz einen entscheidenden Beitrag zur Differenzierung der Rotweine untereinander leistet. Dies führt zu Ansätzen ihrer analytischen Charakterisierung.

Die besonderen Techniken der Rotweinerbereitung wie Maischegärung und Maischeerhitzung verfolgen das Ziel, Anthocyane und farblose Phenole aus Kernen und Beerenschalen zu extrahieren und den Wein damit anzureichern. Beide Stoffgruppen zusammen stellen den Gesamtphenolgehalt der Rotweine und bilden ihr Tannin. Durch die mit dem Extraktionsprozess verbundene Anreicherung der Phenole weisen Rotweine einen um ein Vielfaches höheren Gesamtphenolgehalt als Weißweine auf. Ein durchschnittlicher Weißwein enthält ca. 200 mg/l Gesamtphenole, die zum größten Teil aus geschmacklich unbedeutenden nichtflavonoiden Phenolen aus dem Pulpensaft bestehen. Leichte Rotweine zeigen einen Gesamtphenolgehalt von ca. 1000 mg/l, während dieser in kräftigen Rotweinen auf über 3000 mg/l ansteigen kann. Diese beachtliche Schwankungsbreite ist auf Unterschiede im phenolischen Reifegrad der Trauben, auf die Länge der Maischestandzeit und die gewählte Temperatur zurückzuführen.

Ein Gesamtphenolgehalt von 700-800 mg/l kann als die unterste Grenze gesehen werden, ab der Rotweinart im Geschmack gegeben ist. Vom Tanningehalt her entsprechen nicht wenige deutsche Rotweine dem sogenannten frankophilen Typ. Oft sind die anderen Voraussetzungen an diesen Typ hinsichtlich Traubenreife, Ertrag, Lagerdauer und Qualität des Tannins jedoch nicht erfüllt.

Art und Typ der Rotweine sind weitgehend, aber nicht nur, eine Frage des Gesamtphenolgehaltes. Da die Säure als geschmackbildendes Element in den Hintergrund tritt, übernehmen die Gesamtphenole bzw. das Tannin die Rolle der sensorisch dominierenden und differenzierenden Inhaltsstoffe. Mundfülle, Bittere und Adstringenz sind die elementaren sensorischen Parameter, mit denen ihr Geschmack beschrieben wird. Rotweinen wird ein gewisses, als angenehm empfundenes Maß an Adstringenz abverlangt, damit es keine roten Weine sind. Dieses Ausmaß ist strittig, subjektiv, vom anvisierten Marktsegment und dem angestrebten Weintyp abhängig.

Aus einem einfachen Vergleich geht hervor, welche Auskunft der Gesamtphenolgehalt der Rotweine gibt. Von den vier Grundgeschmacksarten liegen in den meisten Weißweinen nur zwei vor, nämlich süß und sauer. Die Intensität des süßen Geschmacks wird in erster Näherung durch den Gehalt an Zucker vorgegeben. Zwangsläufig kann diese Abhängigkeit nicht absolut sein, da zusätzliche Faktoren wie der Anteil von Glucose und Fructose mit ihrer unterschiedlichen Süßkraft, additive Effekte wie mit Alkohol und maskierende Effekte wie durch Säure vorliegen. Also gibt der Restzuckergehalt nur eine orientierende Information über den zu erwartenden süßen Geschmack. Analog verhält es sich mit der Gesamtsäure. Durch unterschiedliche Anteile mehr oder weniger sauer schmeckender Einzelsäuren können Weine trotz gleicher Gesamtsäure unterschiedlich stark sauer schmecken. Zusätzlich spielt der pH-Wert eine Rolle, hinter dem sich variable Mengen von Kalium und weiteren Erdalkali verbergen, die Säure geschmacklich maskieren. Auch Zucker und Alkohol wirken gegenläufig und relativieren die Information, die die Gesamtsäure über den zu erwartenden sauren Geschmack gibt. Dennoch ist trotz all dieser Unzulänglichkeiten die Bestimmung von Restzucker und Gesamtsäure eine gängige Praxis, um die Weine geschmacklich einzuordnen und die Sensorik zu unterstützen. Stellt man als Konsequenz daraus eine Gesamtsäure von 12 g/l fest, beurteilt man den Wein als zu sauer und strebt eine Entsäuerung an. Ergibt sich hingegen ein Zuckergehalt von 12 g/l, hat man die Gewissheit, dass der Wein als trocken zu süß ist. Man wird ihn weiter vergären oder verschneiden.

Ähnlich verhält es sich mit dem Gesamtphenolgehalt im Rotwein. Mit ihm messen wir die Summe aller in das Tannin eingehenden Einzelphenole und drücken sie in Form einer Referenzsubstanz aus, so wie wir die Gesamtsäure in g/l Weinsäure ausdrücken. In Europa wird der Gesamtphenolgehalt meist in mg/l Catechin, im amerikanischen Raum bevorzugt in mg/l Gallussäure angegeben. Ein mg/l Gallussäure entspricht 1,5 mg/l Catechin. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Lichtabsorption der Phenole im UV-Bereich bei 280 nm als Index für den Gesamtphenolgehalt heranzuziehen.

Bleiben wir bei dem Gesamtphenolgehalt, der relativ einfach zu bestimmen ist. Er macht eine Aussage über die durch das Tannin hervorgerufene Adstringenz und Bittere. Abbildung 2 stellt den Zusammenhang zwischen Gesamtphenol und Adstringenz für 18 Rotweine dar, die von 21 Prüfern beurteilt wur-

den. Die statistisch ermittelten Korrelationskoeffizienten betragen $r = 0,79$ für Adstringenz und $r = 0,69$ für Bittere (27). Damit ist die Aussagekraft des Gesamtphenolgehalts so viel oder so wenig zuverlässig wie die der Gesamtsäure über den sauren Geschmack.

Mittels weiterführenden Methoden kann das im Gesamtphenolgehalt enthaltene echte Tannin bzw. die gerbende Phenolfraction spezifischer erfaßt werden. Einige methodische Ansätze basieren auf einer Ausfällung des Tannins mit mehr oder weniger genormten Eiweißen oder eiweißähnlichen Substanzen, wobei die im Speichel der Mundhöhle stattfindende Eiweiß-Gerbstoff-Fällung analytisch nachvollzogen wird. Man erhält so Ergebnisse mit einer noch stärkeren Aussagekraft über die zu erwartende Adstringenz (2,27).

Die Ermittlung des Gesamtphenolgehaltes ist gegenwärtig die am weitest verbreitete Methode zur Charakterisierung von Tannizität und Rotweinart, weil sie ein optimales Verhältnis von Aufwand und Aussagekraft bietet. Für Weißweine annähernd unbrauchbar und kaum aussagefähig, hat sie, auf Rotwein angewandt, einen hohen Informationsgehalt. Doch wie sind die Resultate, ausgedrückt in mg/l Catechin, zu interpretieren?

Füllt man einen jungen Rotwein mit 3000 mg/l Gesamtphenol (als Catechin) ab, ist das so, als würde man dem Verbraucher einen Riesling mit 12 g/l Gesamtsäure zumuten. Erst durch viele Jahren der Reife in Verbindung mit Sauerstoff wird sich dieses Tannin durch den chemischen Prozess der Polymerisation so verändern können, dass es in den genußfähigen Bereich kommt. Andernfalls wird man einen großen Teil des Tannins durch Einsatz eiweißähnlicher Schönungsmittel entfernen und in Zukunft die Maischestandzeit verkürzen. Beträgt der Gesamtphenolgehalt jedoch nur 600 mg/l, wird bei der Qualitätsweinprüfung höchstwahrscheinlich die Rotweinart in Frage gestellt, obwohl die Farbdichte zufriedenstellend sein mag. Rotweine, die jung abgefüllt werden, sollten sich im Bereich von 800 - 1800 mg/l Gesamtphenol bewegen, obwohl man im Einzelfall bei 1500 mg/l schon korrigierend eingreifen mag. Andererseits ist dies der Mindestgehalt, ab dem die Erzeugung großer roter Barriqueweine erfolgversprechend ist.

Zur gezielten Vinifikation gewünschter Rotweintypen wird die Maische abgepresst, wenn über die Farbe hinaus auch ein bestimmter Gesamtphenolgehalt erreicht ist (4). Solange die Bedeutung dieses elementaren Parameters nicht ins Bewußtsein rückt, bleibt die Ausarbeitung von Geschmacksprofilen ein Produkt des Zufalls.

Analytische Beurteilung der Qualität des Tannins

Zweifellos ist der Gesamtphenolgehalt nicht in der Lage, die Qualität des Tannins näher zu charakterisieren. Dennoch orientieren sich Vinifikation und Ausbau zu einem bestimmten Rotweintyp an dem vorhandenen Tannin- und Anthocyangehalt. Müssen bereits zu einem frühen Zeitpunkt fundierte Entscheidungen über Maßnahmen zum weiteren Ausbau getroffen werden, stößt seine Bewertung allein über den Gesamtphenolgehalt oder die Sensorik an Grenzen. Oft enthalten die Weine dann noch zuviel Trub oder Säure, die sich dem Tannin geschmacklich überlagern. Die Folgen sind önologische Fehlentscheidungen. Deshalb wurde ein breites Spektrum rheinhessischer Rotweine des Jahrgangs 1996 auf die Zusammensetzung des Tannin-Anthocyan-Komplexes hin untersucht mit dem Ziel, bessere Entscheidungsgrundlagen zu folgenden Fragestellungen zu erhalten:

- Generelle Einordnung und Bewertung von tanninspezifischen Daten;
- Einstufung des zukünftigen Qualitäts- und Alterungspotenzials in einem frühen Stadium;
- Erkennen von Weinen mit zu viel oder zu wenig Tannin in Hinblick auf rechtzeitige Korrekturen;
- Harmonisierung des Tannins durch Schönung oder Mikrooxidation;
- Lenkung des Ausbaus in die oxidative oder negative Richtung;
- Auswahl von für das Barrique geeigneten Rotweinen;
- Erkennung von starken Abweichungen vom Sortentyp.

Vor diesem Hintergrund wurden 18 repräsentative, trockene und abgefüllte Weine gängiger Rebsorten ausgewählt: sechs Portugieser, fünf Spätburgunder und sieben Dornfelder. Davon waren 15 Weine ein Jahr alt und somit in einem Entwicklungsstadium, in dem sie überwiegend konsumiert werden. Alle Weine waren im Tank ohne Zusatz handelsüblicher Tannine ausgebaut, um analytische und sensorische

Störungen durch exogene Phenole auszuschließen. Die Beurteilung des traubeneigenen Tannins stand im Vordergrund. Es wurde nicht nach Vinifikationsverfahren differenziert, da nur eine Bewertung des Momentanzustandes im Vertrieb befindlicher Weine vorgenommen werden sollte.

Zur analytischen Beurteilung kamen soweit wie möglich Methoden zum Einsatz, die international anerkannt und erprobt sind und somit eine Vergleichbarkeit der Resultate erlaubten. Eine weitere Vorgabe war ihre leichte Durchführbarkeit im Routinebetrieb. Im einzelnen handelt es sich um folgende Bestimmungen:

- Gesamtphenolgehalt (in mg/l Catechin) mit dem Folin-Ciocalteu-Reagenz nach Singleton und Rossi (28).
- Flavonoide Phenole (in mg/l Catechin) durch Fällung in Methanal-HCL nach Kramling und Singleton (18).
- Gerbende Phenole (in mg/l Catechin) durch Fällung in PVP-Trichloressigsäure nach Glories (11).
- Niedermolekulare Flavonoide (in mg/l Catechin) mit 4-(Dimethylamino)-zimtaldehyd nach Zironi, Buiatti und Zelotti (32).
- Monomere Anthocyane (in mg/l Malvidin-3-glucosid) durch SO₂-shift nach Ribéreau-Gayon und Stonestreet (22).
- Phenol-Polymerisationsindex als Quotient von Gesamtphenol zu monomeren Flavonoiden in Anlehnung an Glories und Nagel (15). Er wird als das Verhältnis zwischen einer polymerisationsunabhängigen und einer polymerisationsabhängigen Größe gebildet.
- Farbintensität als Summe der Absorptionen bei 420 nm (braun), 520 nm (rot) und 620 nm (blau).
- Farbtönung als Quotient von A 420 : A 520. Sie gibt eine Information über das chemische Alter.
- Das Verhältnis von Gesamtphenol zu monomeren Anthocyanen (GP:A) als Index zur Charakterisierung des Tannin-Anthocyan-Verhältnisses.

Das analytische Vorgehen entspricht im Prinzip einer Zerlegung des Gesamtphenolgehaltes in zunehmend kleinere Fraktionen gemäß dem in Abbildung 3 dargestellten Schema. Die Fraktionen des Tannin-Anthocyan-Komplexes sind innerhalb der Gruppe der flavonoiden Phenole zu suchen. Jede Fraktion weist unterschiedliche chemische, chromatische und geschmackliche Eigenschaften auf. Die chemischen Eigenschaften werden mit Indexen wie dem Phenol-Polymerisationsgrad charakterisiert. Die farblichen Eigenschaften werden durch Absorptionsmessungen bei definierten Wellenlängen beschrieben. Da die Fraktionen mit unterschiedlichen analytischen Ansätzen quantifiziert werden, darf eine numerische Konsistenz nicht in jedem Fall erwartet werden (26).

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte und Schwankungsbreiten der ermittelten analytischen Parameter aufgeführt. Einige empirisch bekannte Eigenschaften der drei Rebsorten spiegeln sich darin wider. Die Schwankungsbreiten für Gesamtphenol, flavonoide und gerbende Phenole sowie monomere Flavonoide bei Spätburgunder belegen eine betonte Variabilität des Tannins dieser Rebsorte. Gleichzeitig sind unter dem Spätburgunder die Weine mit den höchsten Gehalten monomere Flavonoide und dem höchsten Tannin-Anthocyan-Verhältnis zu finden. Eine einseitige Verlagerung dieses Verhältnisses zum Tannin hin bewirkt eine Störung der Polymerisation des Tannins und Bräunung während der Reifung, besonders unter semi-oxidativen Bedingungen wie im Holzfass (12,13).

Der Dornfelder weist die bekannt hohe Farbintensität in Verbindung mit höchsten Gehalten an monomeren Anthocyanen auf. Die Variabilität seines Tannins erwies sich als geringer als die des Spätburgunders. Sein Tannin-Anthocyan-Verhältnis ist am stärksten zum Anthocyan hin verlagert. Dies erlaubt einen Ausbau unter oxidativeren Bedingungen zur geschmacklichen Harmonisierung des Tannins durch Polymerisation. In der Tat weist er den höchsten Phenol-Polymerisationsgrad auf. Der Portugieser hingegen nimmt bei fast allen Parametern eine Mittelstellung ohne Extreme ein. Daraus könnte ein Hinweis auf die besondere Eignung dieser Rebsorte zur Erzeugung von Standard-Rotweinen abgeleitet werden.

Sensorische Qualität des Tannins

Insgesamt gibt die in Tabelle 1 enthaltene Datenbank interessante Auschlüsse zur analytischen Beurteilung einzelner Rotweine. Da aber analytische Parameter ohne Zusammenhang mit der Sensorik wenig dienlich sind, wurden die 18 Rotweine der Stichprobe von 21 Prüfern mit Wiederholung sensorisch ausgewertet. Die hedonischen Parameter Geschmack und Harmonie ergaben sich aus dem DLG-5-Punkte-Schema. Darüber hinaus wurden die vier objektivierbaren Parameter Adstringenz, Bittere, Nachhaltigkeit und Körper/Fülle auf einer metrischen Skala von 0 bis 10 Punkten mittels den Methoden der quantitativen deskriptiven Sensorik eingeordnet. Die so erhaltenen sensorischen Daten wurden mit den analytischen Daten aus Tabelle 1 korreliert. In den durchgeführten Korrelationsanalysen wurden nur Abhängigkeiten von mehr als 50 % beachtet, entsprechend Korrelationskoeffizienten r von größer als $\pm 0,7$. Einige der erhaltenen Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Die meisten Korrelationen wurden für die Rebsorten Portugieser und Spätburgunder ermittelt, während die Weine des Dornfelders weniger gut durch die Prüfer differenziert wurden. Mißt man den für Portugieser und Spätburgunder ausgearbeiteten Zusammenhängen eine gewisse Allgemeingültigkeit bei, machen folgende analytische Daten eine Aussage über die sensorische Qualität des Tannins: Gesamtphenol, flavonoide Phenole, monomere Flavonoide und gerbende Phenole korrelieren alle hoch positiv untereinander und mit den Sinneseindrücken von Adstringenz sowie Bittere. Diese beiden Parameter weisen ebenfalls eine enge Korrelation unter sich auf, die in Abbildung 4 grafisch dargestellt ist. Sie sind der primäre geschmackliche Ausdruck des Tannins und der Faktor, der am meisten zu den geschmacklichen Unterschieden zwischen den Rotweintypen beiträgt.

Die Bestimmung von Gesamtphenol ist einfacher als die von flavonoiden Phenolen, monomeren Flavonoiden und gerbenden Phenolen. Letztere liefern keinen wesentlichen zusätzlichen Gewinn an Information und können für Rotweine in der Praxis durch die als Routinemethode geltende Gesamtphenolbestimmung mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz ersetzt werden. Sie liefert ein hohes Maß an Information über die zu erwartende, durch das Tannin hervorgerufene Adstringenz und Bittere, wie bereits in Abb. 2 dargestellt wurde. Alle anderen Faktoren, die die Adstringenz beeinflussen, sind dem gegenüber sekundärer Natur. Mit anderen Worten, die Intensität der Adstringenz wird in erster Näherung durch die Konzentration des Tannins bestimmt, wie es im Verlauf der Maischeverarbeitung extrahiert wird.

Unbeschadet dessen spielen die qualitativen Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung eine Rolle und bewirken, dass eine gegebene Menge Tannin unterschiedlich adstringierend wahrgenommen wird. So liefern unreife Trauben mehr stark adstringierende Tannine aus den Kernen, während mit zunehmendem Reifegrad die Extraktion weniger aggressiver Tannine aus den Beerenschalen zunimmt. Kleine Tanninmoleküle geringen Polymerisationsgrades, wie sie aus unreifen Trauben oder zu kurzer Maischestandzeit erhalten werden, schmecken sauer und nervös selbst bei geringer Gesamtsäure und hohem pH-Wert (14). Der Qualität der Rohware kommt somit eine zentrale Bedeutung zu.

Bekanntlich setzt sich das Tannin aus miteinander polymerisierten Grundeinheiten flavonoider Phenole wie Catechin, Epicatechin, Anthocyane usw. zusammen. Wenn man bedenkt, dass die Anzahl der Grundeinheiten in einem Molekül, also der Polymerisationsgrad, zwischen 2 und 15 schwanken kann, und wenn man weiterhin die Vielfalt unterschiedlicher Grundeinheiten und verschiedener Bindungsformen in Betracht zieht, ergeben sich mehrere Hunderttausend mögliche Moleküle, die am Tannin eines Rotweins beteiligt sein können. Allein daraus geht die außerordentliche chemische Heterogenität des Tannins hervor.

Eine direkte Abhängigkeit der Adstringenz vom Polymerisationsgrad ist seit langem bekannt. Das ist insofern einleuchtend, als die Adstringenz des Tannins an seine Fähigkeit zur Fällung von Eiweißen geknüpft ist. Hoch polymerisierte Tannine sind dazu nicht in der Lage; sie sind zu groß, um sich zwischen den Eiweißmolekülen einzulagern. Den monomeren Grundeinheiten geht ebenfalls die gerbende Wirkung weitgehend ab. Eine maximale Adstringenz wurde für Tannine mittleren Polymerisationsgrades gefunden (16).

Während der Lagerung des Rotweins nimmt der Polymerisationsgrad des Tannins stetig zu. Oft wird dabei eine Abnahme der Adstringenz beobachtet. Die Ergebnisse scheinen jedoch keine Verallgemeinerung zuzulassen und von zusätzlichen Parametern abhängig zu sein. Der Zusammenhang zwischen sensorisch wahrnehmbarer Adstringenz und Polymerisationsgrad stellt sich in verschiedenen Matrices un-

terschiedlich dar. So ist in reifenden Früchten ein Abbau von Adstringenz festzustellen in dem Maß, wie ihr Tannin polymerisiert (16). Andererseits erhöht sich die Adstringenz von Tannin auf Catechin-Basis in wässriger Lösung, wenn die Polymerisation vom Monomer zum Tetramer fortschreitet (6). Ebenso nimmt die Adstringenz in Weißwein mit dem Polymerisationsgrad zu (1). Dieses Phänomen ist in der Praxis hinreichend bei der Alterung von Weißweinen zu beobachten, die erhöhte Gehalte flavonoider Phenole als Vorläuferstufen gerbender Tannine enthalten. Ähnliche Verhältnisse wurden für Apfelwein gefunden, wobei das Maximum für Adstringenz bei einem höheren Polymerisationsgrad auftrat als das Maximum für Bittere (19,20).

Insgesamt deutet die Mehrheit der Untersuchungsergebnisse darauf hin, dass in realen Getränken die Adstringenz des Tannins mit seinem Polymerisationsgrad zunimmt. Doch im Gegensatz zu den oben angeführten Anthocyan-freien Medien sind in Rotweinen die Zusammenhänge zwischen Adstringenz und Polymerisationsgrad komplexer. Allein daraus ergibt sich die Widersprüchlichkeit sensorischer Studien. In vielen, aber nicht allen Rotweinen tritt mit zunehmender Polymerisation des Tannins eine Abnahme der Adstringenz ein. Weit regelmäßiger ist unter diesen Bedingungen jedoch eine Minderung der bittereren Geschmackskomponente zu beobachten. Diese Vorgänge der chemischen Reifung des Tannins werden beschleunigt, wenn die Polymerisation durch kleine Mengen von Ellagtannin in Anwesenheit von Sauerstoff katalysiert wird (31). Solche Verhältnisse liegen im Holzfaß vor. Daraus erklären sich die klassischen Methoden der Rotweinbereitung, die einen tendenziell oxidativeren Ausbau beinhalten mit dem Ziel, die Polymerisation zu fördern.

In Weinen mit geringer Farbdichte führt die Polymerisation während der Lagerung stets zu einer Zunahme der Adstringenz unter gleichzeitigem Auftreten verfrühter Bräunung und Firne. Die sensorische Entwicklung des Tannins nähert sich damit den für Anthocyan-freie Lösungen gefundenen Verhältnissen. Anthocyane spielen eine wesentliche Rolle in der Wahrnehmung der Adstringenz von Rotweinen. Obwohl als solche geschmacklos, ruft ihre Anwesenheit den trigeminalen Eindruck von Mundfülle hervor, der Adstringenz teilweise maskieren kann (26). Darüber hinaus sind sie eine der Grundbausteine des Tannins. Ihre Verfügbarkeit beeinflusst Reaktionsmechanismen, Endprodukte und sensorische Folgen der Polymerisation. Eine Polymerisation des Typs Tannin-Tannin verstärkt die Adstringenz, eine solche des Typs Tannin-Anthocyan baut sie hingegen ab. Entscheidend ist, welche der beiden Reaktionen im Vordergrund steht. Die Qualität des Tannins und seine positive Entwicklung ist also vom Vorliegen einer ausreichenden Menge von Anthocyanen bzw. eines optimalen Tannin-Anthocyan-Verhältnisses abhängig. Tannine, zu deren Polymerisation ausreichend Anthocyan zur Verfügung stand, präsentieren sich weicher (12,13,14,26,29,30.)

Für das beschriebene Verhalten liegt eine Erklärung auf molekularer Basis vor. Sie geht davon aus, dass die zunehmende Polymerisation von Tanninmolekülen zu Aggregaten wachsender Kettenlänge die Adstringenz erhöht. Die Anlagerung eines Anthocyans an das Polymerisat verhindert eine weitere Polymerisation an diesem Kettenende. Es fungiert sozusagen als Endglied der Kette. Auf diesem Weg verhindert ein Überschuß von Anthocyanen die Ausbildung hochmolekularer Polymerisate. Statt dessen entstehen bevorzugt Tannin-Polymere mittlerer Kettenlänge, deren Endstellen von Anthocyanen besetzt sind (5). In der sensorischen Konsequenz wirken deshalb Weine mit einem hohen Anthocyangehalt weniger adstringierend als solche, in denen mangels Anthocyanen hohe Polymerisationsgrade erreicht werden.

Das Tannin-Anthocyan-Verhältnis

Die Farbe korreliert stark positiv mit Sinneseindrücken wie Harmonie, Nachhaltigkeit, Körper und Fülle. Dieser Zusammenhang ist lange bekannt und weitgehend unabhängig davon, ob die Farbe einfach spektrometrisch als Farbintensität (A_{520}) oder als Konzentration monomerer Anthocyane gemessen wird (26,30). Anthocyane erfreuen also nicht nur das Auge, sondern sind auch von elementarer geschmacklicher Bedeutung für den Rotwein. Farbe schmeckt man indirekt.

Die Farbe muß in engem Zusammenhang mit dem Tannin gesehen werden. Mißt man Tannin als Gesamtphenol (GP) und Farbe als Konzentration monomerer Anthocyane (A), gelangt man zu einem Quotienten, der eine Aussage über das Tannin-Anthocyan-Verhältnis macht. Je höher dieser Quotient und je mehr das Verhältnis zum Tannin hin verschoben ist, desto geringer werden sensorische Parameter wie Nachhaltigkeit, Harmonie, Körper und Fülle bewertet (26). Obwohl Anthocyane in den vorliegenden

Konzentrationen keinen Eigengeschmack aufweisen, sind sie in der Matrix Wein in der Lage, Bittere und Adstringenz des Tannins teilweise zu maskieren. Deshalb genügt es nicht, zur Erzielung kräftiger Rotweine einseitig das Tannin zu extrahieren, wenn die Trauben nicht genügend Farbpotenzial bereithalten.

Das Verhältnis von Tannin zu Anthocyanen ist von entscheidender Bedeutung für die geschmackliche Entwicklung der Rotweine während der Alterung. Vordergründig spricht man einem Rotwein eine um so längere Lagerfähigkeit zu, je höher sein Tanningehalt ist. Diese Regel ist jedoch sehr oberflächlich und wird durch das Tannin-Anthocyan-Verhältnis weiter differenziert. So ist bekannt, dass ein tanninreicher Rotwein während der Lagerung schnell bitter, firt und braunstichig wird, wenn er nur wenig Farbe aufweist. Die Anthocyane, die für die rote Farbe verantwortlich sind, haben also einen zusätzlichen Einfluß auf das Alterungsverhalten. Im übertragenen Sinn schlägt sich die Fähigkeit zur positiven oder negativen Alterung auch während des Ausbaus im klassischen Holzfass oder im Barrique nieder.

Die geschmackliche Reifung des Rotweins besteht im Wesentlichen aus einer Polymerisation von Tannin und Anthocyanen. Sie wird durch die Aufnahme und Umsetzung von Sauerstoff beschleunigt. Das Tannin der Rotweine kann sehr große Mengen Sauerstoff binden, ohne dass es zu den bei Weißweinen bekannten Oxidationsschäden kommt. Als Reaktionsprodukte entstehen Tannin-Anthocyan-Komplexe, die gegen den ausbleichenden Effekt der schwefligen Säure stabil sind und andere geschmackliche Eigenschaften als die Ausgangskomponenten aufweisen. Als Nebenprodukte fallen intermediäre Peroxide an, die Einfluss auf die geruchlichen Eigenschaften nehmen (31).

Die durch die Oxidation ausgelöste Polymerisation führt im einzelnen zu Reaktionen zwischen

- a) Tanninmolekülen untereinander (T-T),
- b) Anthocyanmolekülen untereinander (A-A),
- c) Tannin- und Anthocyanmolekülen (T-A).

Je nach Lage des Tannin-Anthocyan-Verhältnisses steht die eine oder andere der drei Reaktionen im Vordergrund. Zum besseren Verständnis teilt man das Tannin-Anthocyan-Verhältnis in drei Gruppen ein, zwischen denen die Übergänge fließend sind:

- a) Der Wein hat viel Tannin und wenig Anthocyan. Das Verhältnis ist einseitig zum Tannin hin verlagert; der Anthocyanengehalt beträgt höchstens 10 % des Gesamtphenolgehaltes. Die Tanninmoleküle polymerisieren bevorzugt untereinander (T-T). In das entstehende Polymerisat werden nur wenige Anthocyane eingelagert. Die Weine präsentieren sich unharmonisch und bleiben dies auch während der Lagerung. Unter oxidativen Bedingungen tendiert der Wein zur Bräunung, Verstärkung der Adstringenz und Firne in der Nase. Solche Weine werden am besten reduktiv ausgebaut. Eine Schönung mit eiweißhaltigen Mitteln kann das hohe Tannin dem niedrigen Anthocyanengehalt anpassen. Die meisten maischevergorenen Spätburgunder gängiger Qualität in Deutschland fallen in diese Gruppe. Konzepte zum Ausbau von Spätburgunder, die in anderen Ländern Gültigkeit haben, können aufgrund der andersartigen Rohware (Terroir-Einflüsse) nicht unbedingt auf deutsche Verhältnisse übertragen werden.
- b) Der Wein hat wenig Tannin und viel Anthocyan. Das Verhältnis ist einseitig zum Anthocyan hin verschoben; der Anthocyanengehalt beträgt mehr als die Hälfte des Gesamtphenolgehaltes. Bevorzugt polymerisieren Anthocyanmoleküle untereinander (A-A). Die Farbe ist oxidationsempfindlich. Unter stark oxidativen Bedingungen kommt es zu ihrer Zerstörung, Ausfall und zu starken Farbverlusten. Tannin fehlt zum Abfangen von Sauerstoff und zur Stabilisierung der Farbe. Die Weine haben zwar Körper, bilden aber nie Komplexität aus. Viele maischeerhitzte Dornfelder fallen in diese Gruppe. Ein gemäßigt oxidativer Ausbau kommt ihnen am meisten entgegen. Eine teilweise Korrektur ist durch den Zusatz handelsüblichen Tannins möglich.
- c) Der Wein weist ein harmonisches Tannin-Anthocyan-Verhältnis auf. Der Anthocyanengehalt beträgt etwa ein Drittel des Gesamtphenolgehaltes. Die Polymerisation verläuft harmonisch unter bevorzugter Ausbildung tiefdunkler und stabiler Tannin-Anthocyan-Komplexe (T-A). Solche Weine gewinnen stets durch einen oxidativeren Ausbau und eignen sich auch für die Lagerung im Barrique. Auf der Flasche entwickeln sie sich während vieler Jahre dem Höhepunkt entgegen.

In Deutschland werden zwischenzeitlich eine breite Vielfalt unterschiedlicher Rotweintypen erzeugt, die das gesamte Spektrum des möglichen Tannin-Anthocyan-Verhältnisses abdecken. Pauschalisierte Aussagen über den Ausbau sind deshalb fehl am Platze. Das Vinifikationsverfahren hat einen ganz entscheidenden Einfluß auf das Tannin-Anthocyan-Verhältnis. Mittels der Entscheidung über Maischegärung oder Maischeerhitzung kann ein ungünstiges Verhältnis in die optimale Richtung gelenkt werden. Solange das Tannin-Anthocyan-Verhältnis im konkreten Einzelfall nicht bekannt ist, bleibt die Diskussion um das Vinifikationsverfahren gegenstandslos und bestenfalls das Objekt eines glaubenspolitischen Credos.

Fallstudie Spätburgunder

Der Spätburgunder weist in Hinblick auf seine Tannin- und Farbzusammensetzung einige Besonderheiten auf, die ihn von anderen roten Rebsorten unterscheiden. Unter deutschen Anbaubedingungen kommen diese Eigenschaften besonders zum Tragen mit der Konsequenz, dass er höhere Anforderungen und Fingerspitzengefühl an Vinifikation und Ausbau stellt als andere Rebsorten. Ausgangspunkt der Überlegungen ist, dass geschmackliche Harmonisierung und Stabilisierung der Farbe an die Polymerisation von Tannin und Anthocyan gebunden sind, und dass eine moderate Oxidation während des Ausbaus die Polymerisation fördert

Unter den Bedingungen der Maischegärung weist der Spätburgunder in Deutschland meist ein Tannin-Anthocyan-Verhältnis auf, das einseitig zum Tannin hin verschoben ist (4 - 21, im Vergleich zu 3- 17 bei Portugieser und 2 - 8 bei Dornfelder; Tabelle 1). Der im Verhältnis zur Farbe relativ hohe Tanningehalt macht ihn relativ anfällig für Oxidationserscheinungen, die sich in einer Tendenz zu stärkeren Brauntönungen äußert. Gleichzeitig kann seine Reifung, im Gegensatz zu anderen Rebsorten, zu einer Zunahme der sensorischen Intensitäten von Adstringenz und Bittere führen. Grund ist, dass nicht genügend Anthocyan zur Verfügung steht, um in das während der Lagerung polymerisierende Tanningerüst eingebaut werden zu können. Man spricht in diesem Fall von ungeordneter Polymerisation (13) mit geschmacklich und farblich abträglichen Folgen. Daraus ergibt sich als technische Konsequenz,

- a) dass der Ausbau weniger oxidativ als bei anderen Rebsorten sein soll;
- b) dass die Möglichkeit der geschmacklichen Harmonisierung des Tannins durch moderate Oxidation relativ beschränkt ist;
- c) dass eine eventuell notwendige geschmackliche Glättung unter Umständen den Einsatz eiweißhaltiger Schönunsmittel (z. B. Gelatine) zur Ausfällung eines Teils des Tannins notwendig macht, wobei gleichzeitig der hohe Tanningehalt dem niedrigen Anthocyan Gehalt angepasst wird;
- d) dass durch eine Maischeerhitzung, oder die Kombination von Maischeerhitzung und Maischestandzeit, der niedrige Anthocyan Gehalt dem hohen Tanningehalt angepasst wird;
- e) dass alle weinbaulichen Maßnahmen wie späte Lese genutzt werden müssen, um einen hohen Anthocyan Gehalt in den Trauben zu erzielen. Aus unreifen Trauben kann kein Spätburgunder Rotwein gewonnen werden.

Spätburgunder enthält einen höheren Anteil an niedermolekularen Tanninen (9), besonders monomeren Catechinen, als andere Rebsorten (130-675 mg/l im Vergleich zu 150-325 mg/l bei Portugieser und 170-305 mg/l bei Dornfelder; Tabelle 1). Sie werden überwiegend aus den Kernen extrahiert und sind Träger eines starken Bittergeschmacks. Daraus resultieren weitere technische Konsequenzen:

- a) Um einer einseitigen Bittere entgegenzusteuern, sollte die Maischestandzeit nicht zu lange gewählt werden. Durch eine kürzere Maischestandzeit wird gleichzeitig der Tanningehalt dem niedrigen Potenzial extrahierbarer Anthocyane angepasst.
- b) Die maximal mögliche Farbextraktion wird bei der offenen Maischegärung nach vier bis fünf Tagen erreicht. Danach sind die Farbverluste durch Oxidation stärker als der Zugewinn an Farbe. Geschlossene Gärssysteme erlauben eine bessere Extraktion und Erhaltung der beim Spätburgunder so wichtigen Anthocyane.
- c) Eine verlängerte Maischestandzeit fördert bekanntlich die Bildung stabiler Farbpigmente (Tannin-Anthocyan-Polymerisate). Aufgrund der damit verbundenen weiteren Erhöhung des schon einseitig hohen Tanningehalts kann dieses Ziel beim Spätburgunder nur beschränkt verfolgt werden. Statt dessen

muß die Farbstabilisierung durch eine entsprechend längere Lagerdauer, besonders vor dem ersten Aufschwefeln, erreicht werden.

d) Farbstabilisierung durch Polymerisation kann auch durch thermische Behandlung erreicht werden, was wiederum für eine Maischeerhitzung oder Erhitzung in Verbindung mit ein bis zwei Tagen Standzeit spricht.

Im Gegensatz zu anderen Rebsorten enthält der Spätburgunder keine farbstabilen, das heißt mit Tannin polymerisierten Anthocyane in der Schale. Dies bewirkt zunächst eine zusätzliche Farbinstabilität. Folglich muß die gewünschte Polymerisation in entsprechend stärkerem Maß im Jungwein herbeigeführt werden (9). Da, wie vorgehend dargelegt, verstärkte Oxidation und verlängerte Maischestandzeit als Instrument dazu beim Spätburgunder nur beschränkt möglich sind, muß stärker mit dem Faktor Zeit gearbeitet werden. Die Lagerdauer ist wichtiger als bei anderen roten Rebsorten.

Spätburgunder enthält als einzige der in Deutschland verbreiteten roten Rebsorten nur nicht acetylierte Anthocyane, die oxidationsempfindlicher als acetylierte Anthocyane sind. Dieser Faktor trägt zusätzlich zu seiner relativen Oxidationsempfindlichkeit bei, ist aber geringer zu gewichten als der Einfluß eines einseitig hohen Tannin-Anthocyan-Verhältnisses auf das Oxidationsverhalten. Der Nachweis acetylierter Anthocyane im Spätburgunder ist ein Indiz für einen Zusatz von Wein anderer Rebsorten.

Aufgrund der beschriebenen sortenspezifischen Tendenzen sind Spätburgunder Rotweine nur dann für den Ausbau im Barrique geeignet, wenn sie eine überdurchschnittliche Farbdichte aufweisen.

Maskierung von Adstringenz durch Kolloide

Tannine ab einer gewissen Molekülgröße (Oligomere) assoziieren untereinander zu Partikeln kolloidaler Natur mit einem mittleren Durchmesser von 350 µm (24). In einem zweiten Schritt reagieren diese Partikel mit anderen Kolloiden nicht phenolischer Natur, insbesondere Polysacchariden und Proteinen. In Abhängigkeit von der Art und Konzentration der anwesenden Proteine und Polysaccharide können die gleichen Tanninmoleküle als "gute" oder "schlechte" Tannine sensorisch wahrgenommen werden. Durch Anlagerung saurer Polysaccharide wird ihre Adstringenz erhöht. Neutrale Polysaccharide wie Mannoproteine aus der autolysierenden Hefe setzen ihre Adstringenz herab (7,23,24,25,26).

In dem beschriebenen Sinn stellen polymerisierte Phenole nur das Grundgerüst von Tanninen dar, die durch Anlagerung anderer Kolloide zusätzlich differenziert werden. Tannine, die in komplexe neutrale Moleküle räumlich eingeschlossen sind, verlieren ihre sensorische Aggressivität und entwickeln den Charakter weicher Tannine. Die Beeinflussung der Adstringenz durch kolloidale Komplexe entwickelt sich zunehmend zu einem Schwerpunkt der Tanninforschung, weil allein die Entschlüsselung der molekularen Strukturen der beteiligten Phenole nicht alle sensorischen Phänomene erklären kann. Trotz der noch bestehenden Wissenslücken findet die Wechselwirkung zwischen Tanninen und Kolloiden bereits praktische Anwendung, wenngleich oft unbewußt.

Ein Teil des durch Kolloide komplexierten Tannins wird bereits aus den Beerenschalen der Trauben extrahiert. Solche Tannine sind mit Proteinen oder Polysacchariden assoziiert und um so weicher, je weiter die physiologische Reife der Trauben fortgeschritten ist. Sie verleihen dem Wein Körper und Fülle. Im Gegensatz dazu weisen die Tannine aus den Kernen einen tendenziell höheren Polymerisationsgrad ohne kolloidale Komplexierung auf. Sie präsentieren sich als sehr adstringierend (14,23). Ihre Adstringenz wird önologisch zur Ausarbeitung von Gerüst und Struktur genutzt, wobei das ideale Verhältnis von Kerntanninen zu Schalentanninen eine offene Streitfrage ist.

Eine gezielte Anreicherung des Weins mit Kolloiden kann kellertechnisch durch den Kontakt mit der Hefe und den Milchsäurebakterien nach dem BSA erfolgen. In seiner extremen Form führt dies zum Ausbau des Rotweins "sur lie", das heißt auf der Vollhefe unter periodischem Aufrühren derselben. Das sensorische Resultat ist eine Zunahme der Vollmundigkeit und die Entstehung weicher Tannine durch ihren Einschluß in die aus der Hefe freigesetzten Mannoproteine (7). Hohe pH-Werte behaften dieses Verfahren mit dem mikrobiologischen Risiko bakterieller Fehltonen. Andererseits verarmen scharfe Filtrationen den zur Maskierung der Adstringenz notwendigen Kolloidgehalt.

Korrektur der Adstringenz

In der Praxis stellt sich oft die Frage nach einer punktuellen und kurzfristigen Minderung der Adstringenz, zum Beispiel vor dem Abfüllen. Im Rahmen derartiger Maßnahmen kann die Adstringenz von Rotweinen nicht nur durch eine Schönung zur Fällung überschüssigen Tannins, sondern auch durch Restsüße und besonders durch eine Minderung des Säuregrades herabgesetzt werden.

Soll auf Basis der momentanen sensorischen Beurteilung über eine mögliche Schönung entschieden werden, ist zunächst ein Vorversuch zur Optimierung des sauren Geschmacksbildes sinnvoll. Selbst nach vollständigem BSA können Rotweine durch eine zusätzliche Feinentsäuerung mit Kaliumhydrogencarbonat verbessert und dabei die Adstringenz gemindert werden. Dieser Effekt ist strikt an die pH-Verschiebung des Milieus gebunden und völlig unabhängig von den vorliegenden Säuren. Erst wenn die stufenweise Zugabe von Kaliumhydrogencarbonat nicht zur gewünschten Minderung der Adstringenz führt, empfiehlt sich der Einsatz von Gerbstoff fällenden Schönungsmitteln.

Restzucker maskiert Adstringenz durch eine Erhöhung der Viskosität. Die Viskosität kompensiert den Verlust der Schmierwirkung des Speichels nach Reaktion mit dem Tannin. Künstliche Süßstoffe ohne Viskosität weisen diese Eigenschaft nicht auf (3). Grundsätzlich ist die Viskosität der Adstringenz gegenläufig.

Eine eventuell erwünschte Erhöhung der Adstringenz kann relativ einfach erreicht werden durch Zugabe eines önologischen Tannins oder durch Lagerung in neuer Eiche. In beiden Fällen kommt es zu einer Anreicherung des Weins mit adstringierendem Ellagtannin. Dieser Zugewinn an Adstringenz ist zeitlich nicht stabil, da Ellagtannin hydrolytisch als auch oxidativ zerfällt. Nach einem längeren Lager im Barrique kann deshalb die Adstringenz niedriger als vor der Einlagerung sein. Eine reduktive Verfahrensweise hilft, die aus dem Ellagtannin resultierende Adstringenz zu erhalten.

Im allgemeinen wird sich eher die Frage nach einer mittelfristigen Minderung überschüssiger Adstringenz stellen. Dabei handelt es sich oft um unter Luftabschluß im Tank gelagerte Rotweine. In farbkraftigen Weinen mit ausreichendem Anthocyangehalt verringert sich die Adstringenz von selbst über den Faktor Zeit. Verantwortlich ist die qualitative Veränderung des Tannins durch Polymerisation. Dieser Prozess ist langsam und kann durch Verfahren einer moderaten Oxidation beschleunigt werden. Die dazu zur Verfügung stehenden Instrumente bestehen in

- einem Hinauszögern des ersten Aufschwefelns,
- des Ausbaus mit geringen Mengen (20-30 mg/l) freier schwefliger Säure,
- der konstanten Aufnahme geringer Mengen von Sauerstoff durch Lagern des filtrierten Weins unter Luftoberfläche oder im Holzfaß,
- der Belüftung durch Abstich über Luft,
- und der kontrollierten Sauerstoffzufuhr durch Mikrooxidation mittels geeigneter Begasungs- und Dosageeinheiten.

Wie stark der Ausbau zur Erreichung des gewünschten Ziels in die oxidative Richtung getrieben werden kann oder muß, hängt entscheidend vom Gesamtphenolgehalt und vom Tannin-Anthocyan-Verhältnis ab.

Die Technik der Mikrooxidation, die in Frankreich und Nordamerika eine weite Verbreitung gefunden hat, ist eine ausgezeichnete Methode zur Minderung der Adstringenz in Weinen, die von ihrer Tanninkonstitution her dafür geeignet sind. Doch auch sie erfordert einen Zeitraum von mehreren Monaten. Die monatlich dem Wein zugeführte Sauerstoffmenge beläuft sich auf nur wenige mg/l O₂. Unter den Bedingungen der meisten deutschen Winzerbetriebe erfolgt eine unbewußte Sauerstoffaufnahme in ähnlicher Größenordnung durch Behandlungsmaßnahmen wie Abstich über Luft, Filtration, Lagerung in nicht randvoll befüllten Gebinden usw. Das Verfahren der Mikrooxidation kann keineswegs beschleunigt werden durch eine Intensivierung der Sauerstoffzufuhr. Eine zu intensive Oxidation führt stets und in allen Weintypen zu einer Verstärkung der Adstringenz und oxidativem off-flavor. Die durch sie herbeigeführten Reaktionsmechanismen und -produkte unterscheiden sich von denen einer langsamen Oxidation. Für eine gegebene Sauerstoffmenge und im Rahmen der definierten Zielsetzung bringt die zeit-

lich gestaffelte Zugabe in Form von Teilmengen mehr Vorteile als die einmalige Applizierung der Gesamtmenge.

Innerhalb einer beschränkten Zeitspanne von wenigen Wochen ist es grundsätzlich unmöglich, einen als zu adstringierend empfundenen Rotwein durch oxidative Verfahren vollständig zu harmonisieren. Damit haben tanninfällende Schönungsmittel durchaus ihre Existenzberechtigung, wenn der Faktor Zeit oder ein ungünstiges Tannin-Anthocyan-Verhältnis andere Verfahren zur Minderung der Adstringenz ausschließen. Anstelle einer qualitativen Verbesserung des Tannins durch oxidative Polymerisation wird eine Minderung seiner Konzentration - und oft auch der Rotweinart - herbeigeführt. Für diesen Zweck hält der Handel eine Vielzahl konfektionierter Schönungsmittel bereit, die Tannin mittels der klassischen Eiweiß-Gerbstoff-Reaktion ausfällen. Je nach Gesamtphenolgehalt und der sensorischen Zielsetzung können die Aufwandmengen im Einzelfall erheblich sein. Die Fällung einer bestimmten Menge Tannin erfordert schlechthin eine bestimmte Menge Eiweiß, die man zu einem bestimmten Preis einkauft. Weltweit zieht man für diesen Zweck immer noch die Gelatine dank ihres günstigen Preis-Leistungs-Verhältnisses vor. Allerdings sind flüssige oder kaltlösliche Gelatinen nur bedingt geeignet, da sie ein schlechtes Fällungsvermögen gegenüber Tannin aufweisen. Der Anwendung von Hühnerweiß haftet eine ausgesprochene traditionelle und symbolträchtige Wertigkeit an. Sie wirkt in Abhängigkeit von der Aufwandmenge. Qualitative Vorteile dieser Art von Eiweiß sind nicht zu erkennen.

Position deutscher Rotweine

Umfangreiches statistisches Zahlenmaterial über die quantitative und qualitative Zusammensetzung des Tannins deutscher Rotweine belegt, dass sich ihr Tanningehalt seit Mitte der 80er Jahre annähernd verdoppelt hat. Regionale und betriebliche Abweichungen können über diese Tendenz nicht hinwegtäuschen. Ursachen sind ein erweiterter Wissensstand, verbesserte Vinifikationstechniken, mittelfristige Klimaveränderungen sowie das Bewußtsein, die wachsende Nachfrage nach Rotwein nicht allein mit roten Weinen befriedigen zu können. Besonders die weiter entwickelten Extraktionstechniken führten in Verbindung mit einer höheren Farbausbeute zwangsläufig auch zu steigenden Tanningehalten. Diese Entwicklung war schleichend und kann insofern sensorisch nicht direkt nachvollzogen werden, da die Bewertung eines Parameters wie der Tannizität psychobiologisch und durch das nähere Weinumfeld konditioniert ist. Die analytischen Indexe über Konzentration und Qualität sprechen allerdings eine eindeutige Sprache.

Erleichtert wird die Einordnung der Adstringenz deutscher Rotweine, wenn man sie im direkten Vergleich mit repräsentativen Mustern ausländischer Weine verkostet. Führt man eine solche vergleichende Bewertung unter besonderer Berücksichtigung der sensorisch wahrnehmbaren Adstringenz durch, fällt auf, dass die Mehrzahl der deutschen Rotweine zumindest in diesem Parameter den internationalen Standard längst erreicht hat und Gefahr läuft, ihn sogar zu überholen. Unbewußt werden normale, als Konsumweine konzipierte Rotweine vermarktet mit einer Adstringenz, die die von für ihre Tannizität bekannten internationalen Weintypen übertrifft. Ursache für diese Entwicklung ist die simplifizierte Vorstellung, dass ein Rotwein um so besser sei, je mehr Tannin er aufweist. Die technischen Voraussetzungen dazu werden durch die Möglichkeit extrem verlängerter Maischestandzeiten, ihrer Koppelung mit Erhitzung, sowie des unbegrenzten Zusatzes önologischer Tannine geschaffen. Dabei wird meist übersehen, dass solche Weine, fälschlicherweise als frankophiler Typ bezeichnet, weltweit nur einen geringen Bruchteil des Angebots darstellen und nur zu bestimmten kulinarischen Anlässen als positiv bewertet werden. Auf jeden Fall erfordern sie eine erhöhte phenolische Reife des Leseguts und eine längere Lagerphase, damit sie durch Polymerisation des Tannins einen konkurrenzfähigen Genußwert erreichen. Eine solche Reifedauer wird diesen Weinen unter den Bedingungen des deutschen Marktes derzeit kaum zugestanden. Deshalb ist es besser, auf die Erzeugung solcher Weintypen zu verzichten, wenn die Zeit oder der Markt dazu fehlt. In allen Ländern der Welt weist die überwiegende Mehrzahl der konsumierten Rotweine eine nur moderate Adstringenz auf, die den Konsumenten nicht überfordert und mit den Trinkgelegenheiten des Alltags kompatibel ist. In diesem Sinn hat der klassische fruchthige Portugieser oder Trollinger durchaus seine Existenzberechtigung.

Tanninmanagement ist für alle Rotweine gefordert. Es darf aber nicht mißverstanden werden als eine unkontrollierte Anreicherung der Rotweine mit Tannin mit dem Ergebnis einer einseitigen Tanninlastigkeit. Um solchen Tendenzen entgegenzuwirken und die Tannizität dem Weintyp anzupassen, ge-

winnt eine wie immer auch geartete Kontrolle des Tanningehaltes ihre Berechtigung. Schließlich wird man auch keinen Gutedel mit der Säure eines Rieslings vermarkten wollen.

Zusammenfassung

Die Adstringenz ist kein Geschmack, sondern spricht das Tastgefühl im Mund-Rachen-Raum an, indem sie dort einen Sinneseindruck des Reibens, Scheuerns, Zusammenziehens und Austrocknens hinterläßt. Sie entsteht, wenn Tannin mit dem Eiweiß des Speichels reagiert und dessen Schmierwirkung herabsetzt.

Adstringenz wird in Wein überwiegend durch gerbende Phenole flavonoider Struktur, dem Tannin, hervorgerufen. In Weißweinen weitgehend abwesend, ist sie charakteristisch für Rotweine und wird dort innerhalb gewisser Grenzen als positiv bewertet. Da sie einen grundlegenden Beitrag zur Differenzierung der Weintypen leistet, kommt ihrer Beurteilung eine erhebliche Bedeutung zu. Ihre Intensität ist abhängig von Menge und Qualität des Tannins, maskierenden Effekten und dem Säuregrad. Die sensorische Qualität des Tannins wird beeinflusst durch seinen Polymerisationsgrad, das Tannin-Anthocyan-Verhältnis und Reaktionen mit kolloidalen Substanzen aus der Traube und der Hefe. Daraus ergibt sich seine Klassifizierung als hartes oder weiches Tannin.

Während der Lagerung und Alterung der Rotweine unterliegen Tannine und Anthocyane dem Prozess der Polymerisation. Deren sensorische Resultate sind u. a. vom Tannin-Anthocyan-Verhältnis abhängig. In farbarmen Rotweinen polymerisieren bevorzugt Tanninmoleküle untereinander unter Verstärkung der Adstringenz. Stehen genügend Anthocyane zur Reaktion mit dem Tannin zur Verfügung, mindert sich die Adstringenz.

Im Rahmen der technischen Betriebskontrolle ist die Bestimmung des Tannins als Gesamtphenolgehalt ein erster Schritt zur Einordnung der Adstringenz, ersetzt aber keine sensorische Bewertung.

Literatur

1. Arnold R.A., Noble A.C., Singleton V.L.: Bitterness and astringency of phenolic fractions in wine. *J. Agric. Food Chem.* 28 (1980), 675-678.
2. Blouin J., Papet N., Stonestreet E.: Étude de la structure polyphénolique des vins rouges par analyses physico-chimiques et sensorielles. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 34, 1 (2000), 33-40.
3. Burdach, K. J.: Geschmack und Geruch, 1. Auflage 1988, Verlag Hans Huber, Bern.
4. Cadeac G., Puig P., Sarthou P.: Définition d'un indice de tannicité pour l'élaboration des vins rouges. *Revue des Oenologues*, No. 64 (1992), 19-20.
5. Cheynier V., Rémy S., Fulcrand H.: Mechanisms of anthocyanin and tannin changes during winemaking and aging. *Proceedings 50th anniversary annual meeting, American Society for Enology and Viticulture, Davis 2001*, 337-344.
6. Delcour J.A. et al.: Flavor thresholds of polyphenolics in water. *Am. J. Enol. Vitic.* 35 (1984), 134-136.
7. Feuillat M., Escot S., Charpentier C., Dulau L.: Elevage des vins rouges sur lies fines - Intérêt des interactions entre polysaccharides de levures et polyphénols du vin. *Revue des Oenologues*, No. 98 (2001), 17-18.
8. Fischer U., Boulton R.B., Noble A.C.: Physiological factors contributing to the variability of sensory assessments. Relationship between salivary flow rate and temporal perception of gustatory stimuli. *Food Quality and Preference* 5 (1994), 55-64.
9. Fischer U., Strasser M.: Tanninmanagement, Teil II: Harmonie von Geschmack und Farbe. *Das Deutsche Weinmagazin*, No. 19 (1999), 22-26

10. Gawel, R.: Red wine astringency: a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 4 (1998), 74-95.
11. Glories Y.: Recherches sur la structure et les propriétés des composés phénoliques polymérisés. III. Fractionnement des composés phénoliques avec la PVP. *Conn. Vigne Vin* 10 (1976), 51-71.
12. Glories Y.: La couleur des vins rouges. II. Les équilibres des anthocyanes et des tanins. *Conn. Vigne Vin* 18, 3 (1984), 195-217.
13. Glories Y.: Oxygène et élevage en barriques. *Revue Fr. d'Oenologie*, No. 124 (1990), 91-96.
14. Glories Y.: Substances responsables de l'astringence, de l'amertume et de la couleur des vins. In: *La dégustation, Vigne et vins*, Publications internationales, Bordeaux 1999, 15-18.
15. Glories Y., Nagel C.: Utilisation du diméthylaminocinnaldéhyde pour la détermination du degré de polymérisation des tanins du vin. *Rapport des activités de recherches 1988-90*, Institut d'Oenologie, Université de Bordeaux II.
16. Goldstein J.L., Swain T.: Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry* 2 (1963), 371-383.
17. Guinard J.X., Pangborn R.M., Lewis M.J.: Time course of astringency in wine upon repeated ingestion. *Am. J. Enol. Vitic.* 37 (1986), 184-189.
18. Kramling T.E., Singleton V.L.: An estimate of the nonflavonoid phenols in wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 20 (1969), 86-92.
19. Lea A.G.H.: The analysis of cider phenolics. *Ann. Nutr. Alim.* 32 (1978), 1051-1061.
20. Lea A.G.H., Arnold G.M.: The phenolics of cider: bitterness and astringency. *J. Sci. Food Agric.* 29 (1978), 478-483.
21. Noble A.C.: Application of time-intensity-procedures for the evaluation of taste and mouthfeel. *Am. J. Enol. Vitic.*, 46 (1995), 128-133.
22. Ribéreau-Gayon P. et al.: *Sciences et techniques du vin*, Tome I. 1. Auflage. Dunod, Paris 1975.
23. Sarni-Manchado P., Cheynier V.: Structures phénoliques et astringence. In: *La dégustation, Vigne et vins*, Publications internationales, Bordeaux 1999, 119-127.
24. Saucier C., Roux D., Glories Y.: "Bons" et "mauvais" tanins: approches moléculaire et colloïdale. *Oenologie* 99, 6^e Symposium International d'Oenologie, A. Lonvaud-Funel (Coord.), Editions Tec & Doc, Paris 2000, 443-446.
25. Saucier C., Roux D., Glories Y.: Interactions tanins-colloïdes: Nouvelles avancées concernant la nature de "bons" et de "mauvais" tanins. In: *Colloids and mouthfeel in wines*, Les entretiens scientifiques Lallemand, Lallemand S.A., Toulouse 1999, 31-33.
26. Schneider V.: Verhalten phenolischer Substanzen, Teil I. *Weinwirtschaft-Technik*, No. 2 (1988), 12-16.
27. Schneider, V.: Herausforderung Rotwein. Das Tannin rheinhessischer Rotweine. *Das Deutsche Weinmagazin* No. 2 (1998), 32-37.
28. Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16 (1965), 144-158.
29. Singleton V.L., Trousdale E.K.: Anthocyanin-tannin interaction explaining differences in polymeric phenols between white and red wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 43 (1992), 63-70.
30. Somers T.C., Evans M.E.: Wine Quality: Correlations with color density and anthocyanin equilibria in a group of young red wines. *J. Sci. Fd. Agric.* 25 (1974), 1369-1379.
31. Vivas N., Glories Y.: Role of oak wood ellagitannins in the oxidation process of red wines during aging. *Am. J. Enol. Vitic.* 47 (1996), 103-107.
32. Zironi R., Buiatti S., Zelotti E.: Evaluation of a new colourimetric method for the determination of catechin in musts and wines. *Vitic. Enol. Sci.* 47 (1992), 1-7.

Tab. 1: Mittelwerte und Schwankungsbreiten tanninspezifischer analytischer Parameter von 18 rheinhessischen Rotweinen (1998).

	alle Weine	Portugieser	Spätburgunder	Dornfelder
Gesamtphenol (GP), mg/l	1231 (620-2120)	1144 (772-1396)	1247 (620-2120)	1294 (1100-1440)
flavonoide Phenole, mg/l	930 (408-1939)	867 (487-1192)	1038 (408-1939)	907 (723-1095)
gerbende Phenole, mg/l	427 (10-1177)	396 (68-681)	503 (10-1177)	400 (232-599)
monomere Flavonoide, mg/l	262 (132-675)	247 (150-325)	316 (132-675)	236 (170-305)
monomere Anthocyane, mg/l	235 (74-532)	181 (74-309)	150 (101-203)	349 (157-532)
Tannin (GP) / Anthocyan	7,1 (2,7-21,0)	8,1 (3,4-16,8)	9,9 (3,8-21,0)	4,9 (2,7-8,2)
Phenol-Polymerisationsindex	4,9 (3,1-6,6)	4,7 (3,8-5,2)	4,3 (3,1-4,8)	5,6 (4,6-6,6)
% gerbende Phenole von Gesamtphenol	31 (6-20)	33 (9-49)	29 (2-60)	30 (21-42)
Farbintensität	3,96 (1,35-8,06)	2,26 (1,35-3,92)	1,97 (1,5-2,84)	6,83 (4,79-8,06)
Farbtönung	0,90 (0,53-1,36)	0,99 (0,76-1,25)	1,07 (0,84-1,36)	0,69 (0,53-0,86)
Gesamtsäure, g/l	5,2 (4,0-6,1)			

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen analytischen und sensorischen Parametern (nur r > 0,70).				
	alle Weine	Portugieser	Spätburgunder	Dornfelder
Gesamtphenol : Adstringenz	0,77	0,76	0,94	
Gesamtphenol : Bittere	0,69	0,73	0,88	
flavonoide Phenole : Adstringenz	0,77	0,81	0,95	
flavonoide Phenole : Bittere	0,73	0,82	0,89	
monomere Flavonoide : Adstringenz			0,82	
monomere Flavonoide : Bittere		0,74	0,72	0,68
gerbende Phenole : Adstringenz	0,77	0,71	0,97	
gerbende Phenole : Bittere	0,72	0,68	0,91	
Phenol-Polymerisationsindex : Bittere				- 0,73
monomere Anthocyane : Geschmack		0,94	0,80	
monomere Anthocyane : Harmonie		0,92	0,77	
monomere Anthocyane : Mundfülle		0,93	0,74	