

Polyphenole und antioxidative Kapazität in österreichischen Weinen aus konventioneller und biologischer Traubenproduktion

JUSTYNA BARBARA OTREBA^{1,2}, EMMERICH BERGHOFER², SILVIA WENDELIN¹, REINHARD EDER¹

¹ Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau
A-3400 Klosterneuburg Wiener Straße 74
E-mail: Reinhard.Eder@hblawo.bmlfuw.gv.at

² Universität für Bodenkultur, Department für Lebensmitteltechnologie
A-1019 Wien, Muthgasse 18
E-mail: Emmerich.Berghofer@boku.ac.at

Der Einfluss biologischer bzw. konventioneller Traubenproduktion auf die Gehalte an Polyphenolen, insbesondere Resveratrole und Leukoanthocyanidine sowie die antioxidative Kapazität von Weißwein- und Rotweinen wurde untersucht. Es wurden 189 Weinproben von sechs Weißwein- und vier Rotweinsorten aus drei verschiedenen Jahrgängen verglichen. Allgemein konnte eine große Streuung der Werte und nur eine geringe Abhängigkeit vom Traubenproduktionsverfahren festgestellt werden. Tendenziell wiesen Weißweine aus biologischer Traubenproduktion höhere Gehalte an Phenolen und Leukoanthocyanidinen sowie höhere Werte der antioxidative Kapazität auf als die aus konventioneller Traubenproduktion. Bei den Rotweinen wurden in denen aus biologischer Traubenproduktion signifikant höhere Gehalte an Resveratrolen und Anthocyanen festgestellt als in den konventionellen. Die Werte der antioxidativen Kapazität wiesen keinen einheitlichen Verlauf auf, beim Jahrgang 2002 wiesen die konventionell produzierten einen höheren Mittelwert und beim Jahrgang 2001 die biologisch produzierten Weinen einen höheren Mittelwert auf. Bei der jahrgangsunabhängigen Auswertung nach Sortengruppen wiesen die Weine der Sorten Grüner Veltliner, Chardonnay und Weißburgunder aus biologischer Traubenproduktion höhere Gehalte an Resveratrolen und Gesamtphenolen und ein höheres antioxidatives Potential auf als jene aus konventionell hergestellten Trauben. Bemerkenswert ist, dass bei allen Rot- und Weißweinsorten die aus biologischer Traubenproduktion hergestellten Weine höhere Gehalte an cis-Resveratrol aufwiesen als die Weine aus konventionell hergestellten Trauben. Cis-Resveratrol könnte daher ein im biologischen Weinbau vermehrt gebildetes natürliches Abwehrmittel gegen Pilzinfektionen sein.

Schlagwörter: Biologische Traubenproduktion, Wein, Phenole, Resveratrole, antioxidative Kapazität

Polyphenols and anti-oxidative capacity in Austrian wines from conventional and organic grape production. The influence of organic and conventional, resp., grape production on the contents of polyphenols, in particular resveratrol and leucoanthocyanidin, as well as the anti-oxidative capacity of white and red wines was examined. 189 wine samples (six white and four red cultivars; three vintages) were compared. Generally a large dispersion of the values and only a small dependence on the grape production method could be determined. As a tendency white wines from organic grape production showed higher contents of phenols and leucoanthocyanidins as well as higher values of the anti-oxidative capacity than wines from conventional grape production. With red wines in those from organic grape production significantly higher contents of resveratrols and anthocyanidins were determined than in the conventional. Values of the anti-oxidative capacity showed no uniform course, with the vintage 2002 wines from conventionally produced grapes showed a higher average value and in 2001 organically produced wines. During the vintage-independent evaluation according to cultivar groups the wines of the cultivars 'Grüner Veltliner', 'Chardonnay' and 'Weissburgunder' showed higher contents of resveratrols and total phenolics and a higher anti-oxidative potential from organic grape production than those from conventionally produced grapes. It is remarkable that wi-

nes from all red and white wine cultivars out of organic grape production showed higher contents of cis-resveratrol than wines from conventionally produced grapes. Cis-resveratrol therefore could be a natural means of defense in organic viticulture against fungal infections.

Keywords: Organic grape production, wine, phenol, resveratrol, anti-oxidative capacity

Polyphénols et capacité antioxydante des vins autrichiens produits de raisins cultivés selon les méthodes conventionnelle et biologique. L'influence des méthodes de production de raisins biologique et conventionnelle sur les teneurs en polyphénols, notamment en resvératrols et leucoanthocyanidines, ainsi que sur la capacité antioxydante de vins blancs et rouges a été examinée. 189 échantillons de six variétés de vins blancs et de quatre variétés de vins rouges de trois millésimes différents ont été comparés. En général, on a pu constater une importante divergence des valeurs et seulement une faible dépendance de la méthode de production des raisins. Les vins blancs fabriqués à partir de raisins de production biologique présentaient une tendance à des teneurs plus élevées en phénols et en leucoanthocyanidines ainsi qu'à des valeurs plus élevées de la capacité antioxydante que ceux fabriqués à partir de raisins de production conventionnelle. Quant aux vins rouges, on a constaté des teneurs significativement plus élevées en resvératrols et en anthocyanes dans ceux fabriqués à partir de raisins de production biologique que dans ceux de production conventionnelle. Les valeurs de la capacité antioxydante ne présentaient pas d'évolution uniforme; pour le millésime 2002, la valeur moyenne était plus élevée pour les vins produits de manière conventionnelle, et pour le millésime 2001, cela était le cas pour les vins produits de manière biologique. Lors de l'évaluation selon les groupes de variétés, sans tenir compte du millésime, les vins des cépages Grüner Veltliner, Chardonnay et Weissburgunder produits à partir de raisins de production biologique présentaient des teneurs plus élevées en resvératrols et en phénols totaux ainsi qu'un potentiel antioxydant plus élevé que ceux fabriqués à partir de raisins de production conventionnelle. Il faut noter que tous les vins rouges et blancs, fabriqués à partir de raisins de production biologique, présentaient des teneurs plus élevées en cis-resvératrol que les vins de raisins de production conventionnelle. Le cis-resvératrol pourrait donc être un moyen de défense naturel contre les infections par des champignons, produit de manière plus abondante dans les conditions de la viticulture biologique.

Mots clés : Production biologique de raisins, vin, phénols, resvératrols, capacité antioxydante

In allen Pflanzen wirken die primären pflanzlichen Inhaltsstoffe (Kohlenhydrate, Proteine, Fette) im Primärstoffwechsel, indem sie am Energiestoffwechsel und am Aufbau der Zellen beteiligt sind und als Nährstoffe, Struktur- und Speichersubstanzen wirken. Die im sekundären Stoffwechsel gebildeten pflanzlichen Inhaltsstoffe bestehen aus einer Vielzahl chemisch sehr unterschiedlicher Verbindungen, unter anderem den Polyphenolen. Sekundäre Inhaltsstoffe kommen im Gegensatz zu den primären Pflanzeninhaltsstoffen nur in geringen Mengen vor und üben in der Regel viele Funktionen aus (KÜNSCH und HÖHN 2001). Polyphenole tragen zur Farbe der Blüten und der Früchte bei und sind Bestandteile von Geruchs-, Geschmacks- und Botenstoffen. Bedeutsam sind ihre adstringierenden und gerbenden Eigenschaften (EDER und WENDELIN, 2002; POUR NIKFARDJAM, 2002). Im Pflanzenbau liegt das Potenzial der Polyphenole in ihrem Schutzcharakter, insbesondere vor Pilz- und Bakterienbefall, sowie vor UV-Strahlung, Tier- und Schädlingsfraß. Zum Teil besitzen sie einen hormonellen Charakter (Wuchsstoffe, Steroide und Pheromone) und sind Bestandteil von Alkaloiden und Antibiotika (EDER et al.,

2002; POUR NIKFARDJAM, 2002; BURNS et al., 2000).

Blaue Trauben enthalten im Durchschnitt 920 mg/kg Polyphenole, rote Traubensäfte und Rotweine weisen üblicherweise Polyphenolgehalte von 1000 - 1800 mg/l auf (KANNER et al., 1994). Der Gehalt und die Zusammensetzung der Polyphenole werden durch die Rebsorte und Sonnenbestrahlung bestimmt. Auch durch das Weinbereitungsverfahren, Maischegärung oder Maischeerhitzung, Extraktionstechnik, Gärtemperatur und vieles andere wird der Polyphenolgehalt der Weine deutlich beeinflusst. Trauben von Weißweinsorten enthalten im Vergleich zu Rotweinsorten wesentlich geringere Polyphenolgehalte, zusätzlich werden die Trauben direkt oder nach einer nur kurzen Maischestandzeit abgepresst, sodass die Polyphenolgehalte in den Weißweinen im Bereich von 50 - 300 mg/l liegen (ZOECKLEIN et al., 1995).

Die Polyphenole werden derzeit aufgrund ihrer chemischen Struktur in drei Hauptgruppen eingeteilt. Dies sind Flavonoide, Nichtflavonoide und Stilbene. Flavonoide, mit Ausnahme der Flavanole, liegen zumeist in glycosilierter Form vor. Ihr Gehalt liegt im Weißwein zwischen 60 und 200 mg/l und im Rotwein zwischen

300 und 500 mg/l (EDER und WENDELIN, 2002). Man unterscheidet vier große Verbindungsklassen der Flavonoide. Dies sind Flavan-3-ole wie z.B. (+)-Catechin, (-)-Epicatechin und ihre Gallussäureester, die sich durch ihre adstringierende Wirkung und ihrer Fähigkeit zur Polymerisation (dadurch entstehen z.B. kondensierte Tannine) auszeichnen. Ihr Gehalt beträgt im Weißwein 10 - 50 mg/l; im Rotwein kann er 200 mg/l erreichen. Eine weitere Verbindungsklasse stellen die Flavan-3,4-ole dar, welche die Vorstufe der Anthocyane sind und durch ihren bitteren Geschmack auffallen. Flavanole (Kämpferol, Quercetin und Myricetin) sind hellgelbe Pigmente. Im Rotwein beträgt der Gehalt an Quercetin 7 - 14 mg/l und an Myricetin 2 - 6 mg/l. Die letzte Klasse machen die Anthocyane (Glucoside von Delphinin, Cyanidin, Petunidin, Peonidin und Malvidin) aus. Der Gehalt dieser roten und blauen Pigmente liegt im Rotwein von 100 mg/l bis 1500 mg/l (ZOECKLEIN et al., 1995; EDER und WENDELIN, 2002).

Die Grundstruktur der Nicht-Flavonoiden bzw. Phenolcarbonsäuren bilden die Hydroxyzimt- und Hydroxybenzoesäuren. Die Säuren liegen meist als Ester gebunden vor. Die Phenolcarbonsäuren und ihre Derivate werden für den bitteren, adstringierenden Geschmack verantwortlich gemacht. Der Gehalt im Rotwein liegt etwa bei 100 - 200 mg/l und im Weißwein bei 10 - 20 mg/l (VRHOVSEK et al., 1997; RIBÉREAU-GAYON et al., 2000).

Die bekanntesten Stilbene sind die Resveratrole (3,4,5-Trihydroxystilbene), welche vier eng verwandte monomere Formen umfassen: *trans*-Resveratrol und *cis*-Resveratrol sowie deren Glucoside (Piceide). Den Gehalt der Stilbene beeinflussen verschiedene interne und externe Faktoren. Das Reifestadium der Pflanze bestimmt den Resveratrolgehalt, denn die Resveratrolbildung steht in Konkurrenz mit der Anthocyanbildung (im früheren Stadium wird Resveratrol gebildet, im späteren Stadium überwiegt die Anthocyanproduktion). Außerdem ist die Fähigkeit zur Resveratrolbildung je nach Rebsorte unterschiedlich ausgeprägt. Den wichtigsten Einfluss hat jedoch das Maß des Pilzbefalls (*Botrytis cinerea*). Ist er schwach, wird Resveratrol in geringen Mengen gebildet, kommt es aber zu einem verstärkten Befall, wird die Resveratrolproduktion wesentlich erhöht. Bei zu starkem Befall wird die Beere beeinträchtigt. Dies geschieht dadurch, dass der Pilz über ein Enzym (Stilben Laccase/Catechol Oxidase [EC 1.10.3.1]) verfügt, welches Resveratrol abbauen kann (EDER et al., 2001). Auch während der Gärung kann es zu einer Veränderung in der Resveratrolzusammensetzung kom-

men. Am Anfang liegen vor allem die Glucoside vor. In Folge von enzymatischen und hydrolytischen Wirkungen werden die *trans*- und *cis*-Resveratrole freigesetzt. Im Keller kann der Einsatz von PVPP eine Abnahme der Resveratrolkonzentration um 30 bis 70 % bewirken (POUR NIKFARDJAM, 2002; VRHOVSEK et al., 1997). Rotweine haben grundsätzlich einen höheren Resveratrolgehalt als Weißweine. Die Rotweine, die während der Produktion eine verlängerte Maischezeit haben (Traubenmazeration), weisen in etwa einen 10-fach höheren Gehalt an Resveratrol auf als die, die der verlängerten Mazeration nicht unterzogen worden sind. Neben den Resveratrolen sind weitere monomere und oligomere Stilbene (z.B. Viniferin usw.) in der Literatur beschrieben (EDER et al., 2001).

Pflanzen sind in ihrer natürlichen Umgebung einer großen Zahl an Pathogenen, vor allem Pilzen, Bakterien und Viren aber auch dem sogenannten abiotischen Stress, wie UV-Licht oder Chemikalien (Antibiotika, Pflanzenregulatoren, Schwermetallsalze usw.) ausgesetzt. Die Pflanze hat zu ihrem Schutz verschiedene Abwehrmechanismen entwickelt. Typisch sind die strukturellen Barrieren, wie z.B. Wachs und Abwehrsubstanzen wie Suberin, Lignin, Zellulose und Zellwandproteine. Die induzierbaren Abwehrmechanismen beinhalten eine oxidative Antwort, rasanten und ortsspezifischen Zelltod sowie Synthese und Akkumulation von Phytoalexinen (Stilbene, Resveratrole) (JEANDET et al., 2002). Phytoalexine besitzen eine große Aktivität gegen ein sehr breites Spektrum von Mikroorganismen, daher wird der Gehalt an Stilbenen in der Pflanze als Indiz für Resistenzen angesehen. Da sie nicht phytotoxisch sind, können sie sich in höheren Mengen in Pflanzenzellen ansammeln. Erhöhte Konzentrationen können ausreichen, um Pilzwachstum zu verhindern (JEANDET et al., 2002).

Der biologische (bzw. ökologische) Weinbau basiert grundsätzlich auf einem fast völligen Einsatzverbot von chemischen und chemisch-synthetischen Mitteln und setzt auf die natürliche Widerstandskraft der Pflanze. Die Düngung erfolgt ausschließlich mit organischen Mitteln. Ausnahmsweise ist der Zusatz von natriumhaltigem Schädlingsbekämpfungsmittel dann zugelassen, wenn eine unmittelbare Bedrohung für die Rebkulturen besteht. Unvermeidlich, wenngleich auch umstritten, ist der Einsatz von Kupferpräparaten gegen Oidium (Bio Ernte Austria, Richtlinien 2003). Durch geeignete Maßnahmen bemüht man sich beim biologischen Weinbau um eine Stärkung der pflanzeigenen Abwehrmechanismen, wodurch man hofft, den Kampf

gegen Infektionen, insbesondere gegen *Botrytis cinerea*, zu gewinnen (HOFMANN, 2003). Vorteile für den Konsumenten sind, dass die Weine nicht mit Insektizid- und Fungizidrückstände belastet sind und möglicherweise höhere Gehalte an Polyphenolen aufweisen, die im menschlichen Organismus eine Herz- und Kreislaufschützende Funktion ausüben (BURNS et al., 2000; SOLEAS et al., 2002).

Materialien und Methoden

Insgesamt sind 189 Weine aus konventioneller und biologischer Produktion untersucht worden. Von österreichischen Winzern wurden mit Hilfe der Vereinigung „Austria Biogarantie“ 93 Weine aus biologischem Anbau für die chemischen Analysen zur Verfügung gestellt. Die aus konventioneller Traubenproduktion stammenden Proben wurden von der EU-Datenbank für Österreich entnommen, die an der HBLAU.BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg eingerichtet ist. Die Weine stammten aus mehreren Weinbaugebieten, umfassen drei Erntejahrgänge (2000, 2001 und 2002) und verschiedene Weißwein- und Rotweinsorten. Die Analysen erfolgten innerhalb von vier Monaten und es wurden folgende Parameter erfasst: Gesamtphenole, Resveratrol und Antioxidative Kapazität. Zusätzlich wurde noch der Gehalt an Anthocyanen, Flavonoiden, Leukoanthocyanen, Hydroxyzimtsäuren bestimmt.

Chemikalien

Methanol; z.B. Fa. Riedel-de Häen, Nr. 34860
 Kaffeesäure (trans-3,4-Dihydroxyzimtsäure); z.B. Fa. Sigma, C-0625
 Gallussäure; z.B. Fa. Merck, Nr. 4166394
 KH_2PO_4 ; z.B. Fa. Merck 4873
 Folin-Ciocalteu Reagenz; z.B. Fa. Merck 109001
 Natriumcarbonat (Na_2CO_3); z.B. Fa. Riedel-de Häen, Nr. 31432
 KH_2PO_4 ; z.B. Fa. Riedel-de Häen, Nr. 30407
 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$; z.B. Fa. Merck, Nr. 06580

Geräte

UV-Vis-Spektrometer CINTRA 10e, Fa. Maasen GmbH, Eningen
 UV-Vis-Spektrophotometer HP 8452 A, Fa. Hewlett Packard
 RP-HPLC Waters Lichrospher RP18 240 x 4 / 4 x 4
 Festphasensäulchen C-18 (3 ml/500 mg, C-18, Bond Elut, Fa. Varian)

Durchführung der Analysen

Die Bestimmung der Gesamtphenole erfolgte nach der Folin Methode (ZOECKLEIN et al., 1995). Resveratrol wurde mittels HPLC bestimmt (VRHOVSEK, 1995 und 1997). Änderungen wurden bei der Probenvorbereitung vorgenommen. Die Festphasensäulchen wurden mit einer Wasserstrahlpumpe trocken gesaugt, und nicht mit Stickstoff trockengeblasen. Die Resveratrolproben wurden mit 5 ml Ethylacetat eluiert, danach die Eluate tiefgefroren und Wasserkristalle durch Papierfilter abgetrennt. Der Schritt, in dem das Lösungsmittel im Vakuum verdunstet und die getrocknete Probe erneut im Methanol gelöst wurde, fiel aus. Das Filtrat wurde in Glasröhrchen überführt und mittels HPLC analysiert. Die antioxidative Kapazität wurde mit dem Test Set der Fa. Randox analysiert (EDER und WENDELIN, 2002). Flavanoide und Leukoanthocyane wurden photometrisch, nach einer Farbreaktion in saurem Milieu bzw. nach dem Erhitzen (Leukoanthocyane), bestimmt (EDER et al., 2004).

Ergebnisse und Diskussion

Die Standortfaktoren (Lage, Boden, Klima usw.) sowie das Herstellungsverfahren sind entscheidend für die Qualität der Weine. Das Klima beeinflusst in hohem Maße die Bildung von zwei wichtigen Parametern: Zucker und Säuren. Feuchte und kühle Wetterbedingungen bieten eine gute Voraussetzung für die Entwicklung des Pilzes *Botrytis cinerea*. Der Grad der Botrytisinfektion bestimmt nicht nur die Qualität sondern hat auch einen großen Einfluss auf den Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen, vor allem auf den Resveratrolgehalt (HÄKKINEN, 2000; EDER et al., 2001 und 2002)

Weiß- und Rotweine des Jahrgangs 2002. Die Witterung im zweiten Quartal des Jahres 2002 begünstigte das Wachstum und die Blüteperiode der Rebe im Weingarten. Allerdings wurden die Trauben durch das gewittrige und regnerische Wetter, das ab Ende Juli bis Ende Oktober hin herrschte, einem verstärkten Fäulnisdruck ausgesetzt (ÖWM, 2003).

In diesem Jahrgang wurden keine signifikanten Unterschiede im Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen in Weißweinen festgestellt. Allerdings hatten die biologischen Weine im Durchschnitt tendenziell höhere Gehalte an Gesamtphenolen (0,075 g/l vs. 0,069 g/l), Flavan-3-olen (0,035 g/l vs. 0,03 g/l), Leukoanthocyanen (0,356 g/l vs. 0,286 g/l) und ebenfalls ein höheres anti-

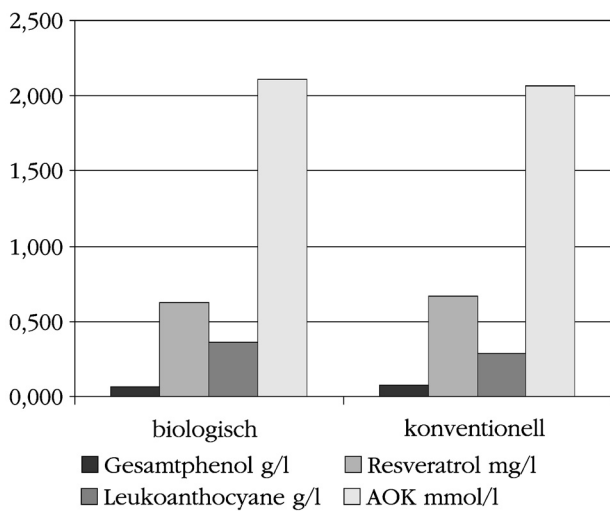


Abb. 1: Vergleich der Gehalte an Polyphenolen und antioxidativer Kapazität in Weißweinen des Jahrganges 2002

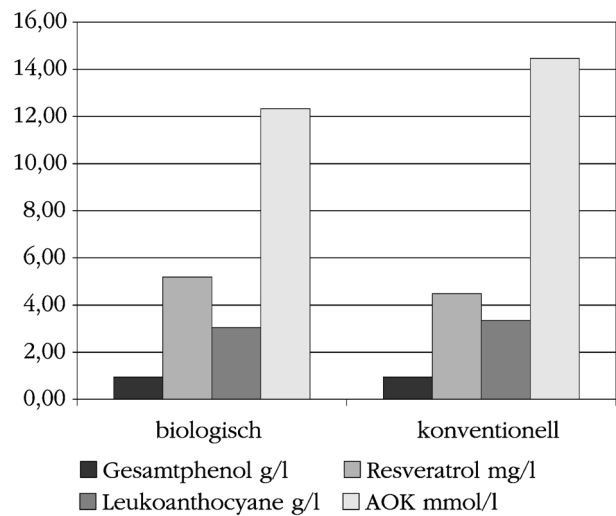


Abb. 2: Vergleich der Gehalte an Polyphenolen und antioxidativer Kapazität in Rotweinen des Jahrganges 2002

oxidatives Potenzial (2,11 mmol/l vs. 2,07 mmol/l) als die konventionellen. Nur der Gehalt an Resveratrolen war in biologischen Weißweinen niedriger (0,63 mg/l) als in konventionellen Weißweinen (0,66 mg/l) aus diesem Jahrgang (Abb. 1.)

In Rotweinen des Jahrganges 2002 war der durchschnittliche Gehalt an Gesamtphenolen in beiden Produktionsvarianten gleich hoch (jeweils 0,94 g/l). Die biologischen Rotweine wiesen niedrigere Werte antioxidativer Kapazität auf (12,34 mmol/l vs. 14,46 mmol/l) als die

konventionellen. Der Resveratrolgehalt war in biologischen Rotweinen signifikant höher (5,19 mg/l) als in den konventionellen (4,48 mg/l). Die biologische Variante zeichnete sich auch durch einen sehr hohen durchschnittlichen Anthocyanengehalt aus im Vergleich zu der konventionellen (205 mg/l vs. 120,6 mg/l). Verglichen mit den biologischen verfügten die konventionellen Rotweine über einen höheren Gehalt an Flavan-3-olen (0,61 mg/l vs. 0,53 mg/l) und Leukoanthocyanen (3,34 g/l vs. 3,03 g/l) (Abb. 2.).

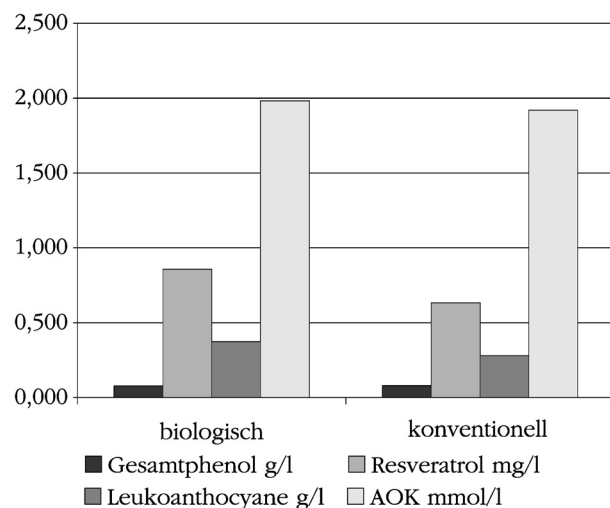


Abb. 3: Vergleich der Gehalte an Polyphenolen und antioxidativer Kapazität in Weißweinen des Jahrganges 2001

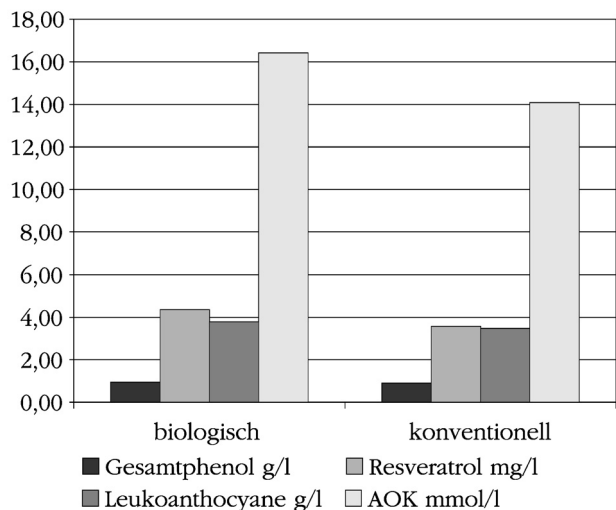


Abb. 4: Vergleich der Gehalte an Polyphenolen und antioxidativer Kapazität in Rotweinen des Jahrganges 2001

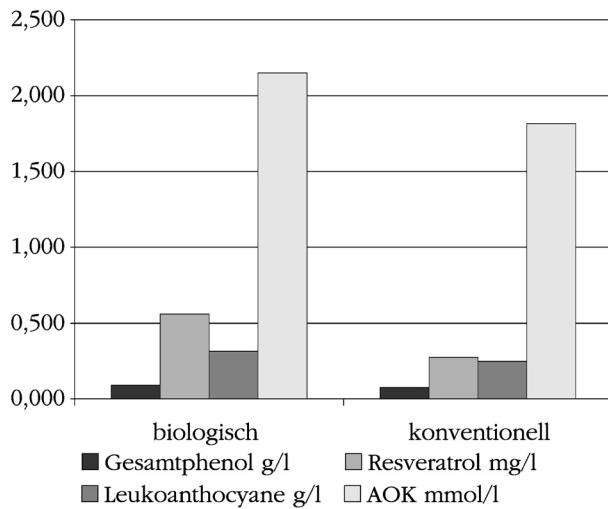


Abb. 5: Vergleich der Gehalte an Polyphenolen und antioxidativer Kapazität in Weißweinen des Jahrganges 2000

Die Wettersituation und die Anbaumethoden scheinen einen großen Einfluss auf den Gehalt verschiedener phenolischer Substanzen zu haben. Die biologischen Weißweine 2002 wiesen allgemein, mit Ausnahme von Resveratrol, höhere Gehalte an Phenolen auf als die konventionell produzierten. Der niedrigere Resveratrolgehalt könnte auf die Wirkung eines Pilzenzyms, welches das Resveratrol bei starkem Befall völlig abzubauen imstande ist, zurückzuführen sein (EDER et al.,

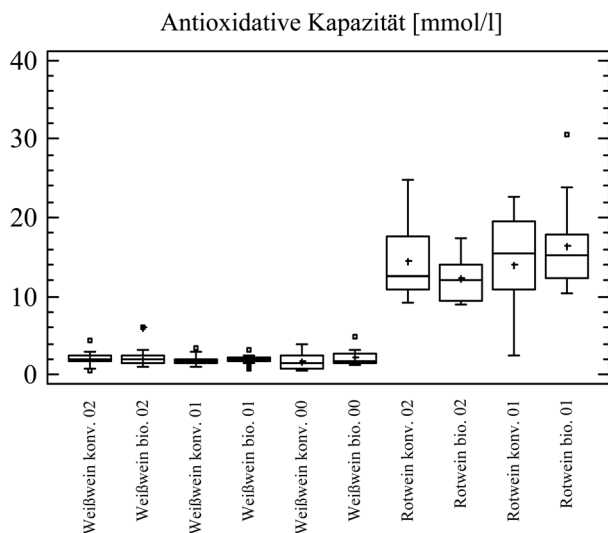


Abb. 7: Antioxidative Kapazität in konventionellen und biologischen Weiß- und Rotweinen aus drei Jahrgängen

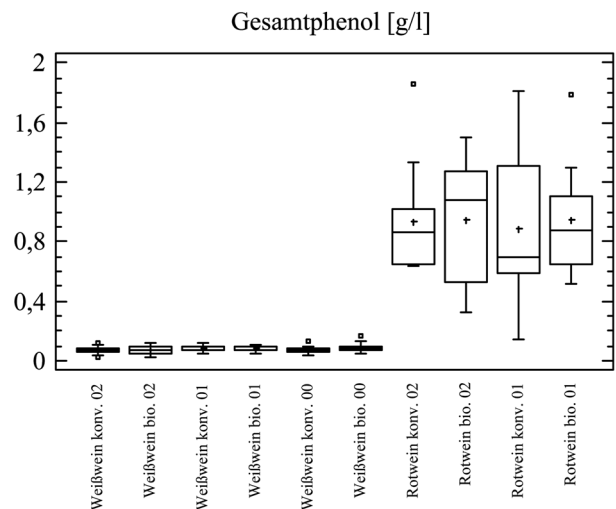


Abb. 6: Gesamtphenolgehalt in konventionellen und biologischen Weiß- und Rotweinen aus drei Jahrgängen

2001; POUR NIKFARDJAM, 2002). Nicht auszuschließen ist, dass die biologisch angebaute Pflanzen ihren Metabolismus auf die Produktion von sekundären Pflanzenstoffen anderer Art eingestellt hatten, worauf der höhere Flavan-3-ol Gehalt und der höhere Leukoanthocyanen Gehalt hindeuten könnte.

Die konventionellen Rotweine des Jahrganges 2002 hatten einen höheren Gehalt an Flavan-3-olen (Catechin und Epicatechin sind starke Antioxidantien) und Leukoanthocyanen und besaßen dadurch auch ein höheres antioxidatives Potential. Die biologischen Varianten wiesen hingegen einen höheren Resveratrolgehalt auf. Der niedrige Resveratrolgehalt in konventionellen Rotweinen könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln die pflanzeigene Abwehr nicht so mobilisiert wurde.

Weiß- und Rotweine des Jahrganges 2001. Im Jahr 2001 war der Winter und das Frühjahr mild und trocken, der Sommer wurde immer wieder durch Regenschauer und Abkühlung unterbrochen, was die Entwicklung des Pilzes *Botrytis cinerea* begünstigte. Im September herrschte eine längere Niederschlagsperiode. Der Regen setzte den Pflanzen einen Befallsdruck entgegen und bewirkte bei edelfaulen Trauben eine starke Pilzentwicklung (ÖMV, 2003).

Bei den Weißweinen (Abb. 3) war der Gehalt an Gesamtphenolen in beiden Varianten annähernd gleich (0,077 g/l vs. 0,079 g/l). Auch bei den Werten der antioxidativen Kapazität (1,98 mmol/l vs. 1,92 mmol/l) lag kein statistisch signifikanter Unterschied vor. Der Ge-

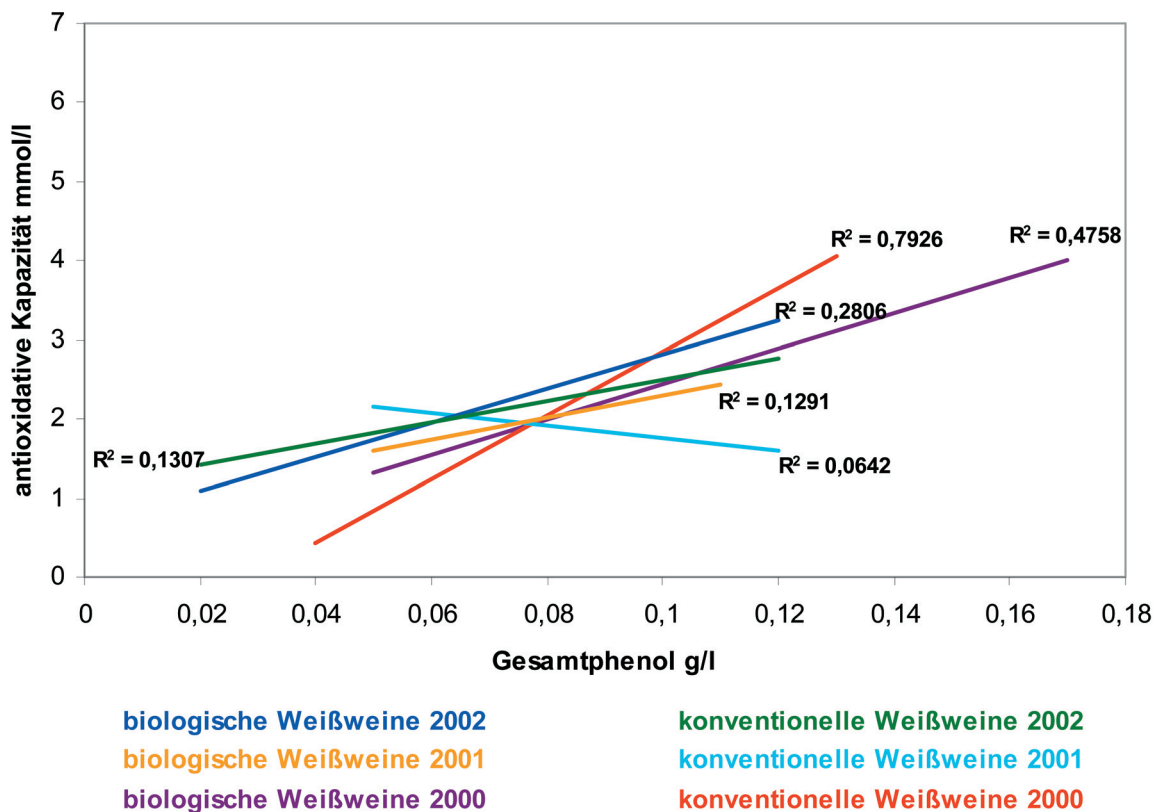


Abb. 8: Korrelationen zwischen dem Gesamtphenolgehalt und den Werten antioxidativer Kapazität in Weißweinen aus biologischer bzw. konventioneller Traubenproduktion getrennt nach Jahrgängen

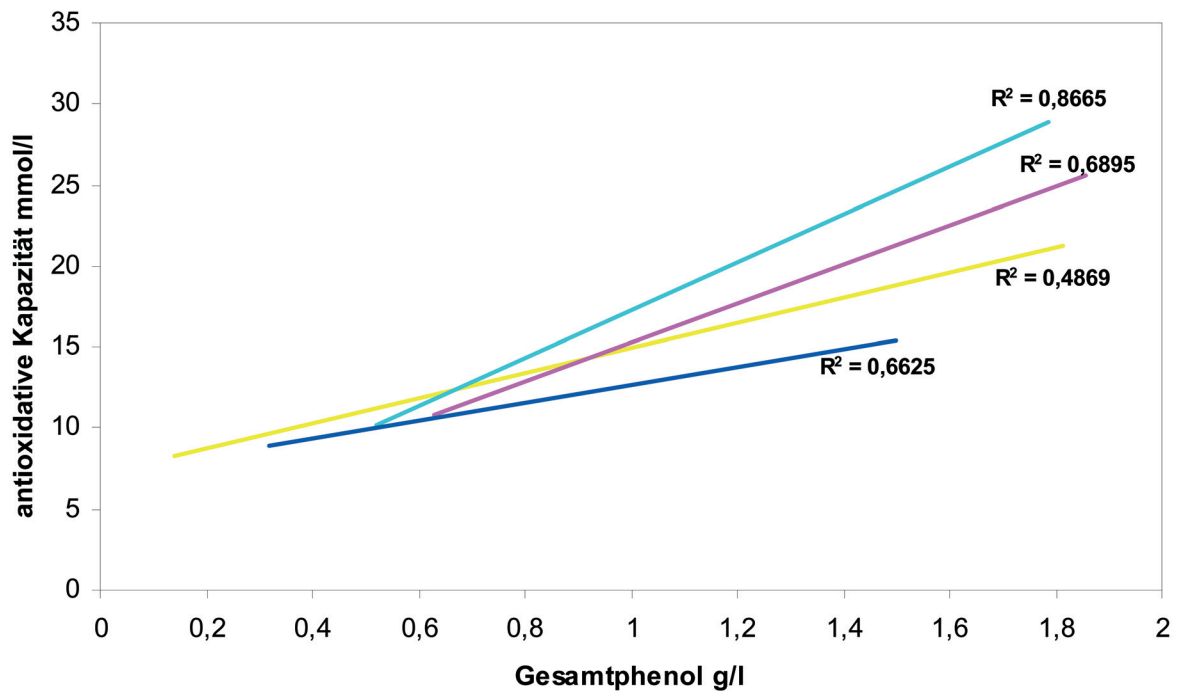
halt an Resveratrol war in biologischen Weißweinen des Jahrgangs 2001 höher (0,86 mg/l vs. 0,65 mg/l) als in konventionellen, jedoch nicht signifikant unterschiedlich. Die Ursache dafür, könnte in der kurzen Regenperiode im Juli liegen. Da es in gesunden, nicht chemisch behandelten Trauben, bei leichtem Pilzbefall in erster Linie zur raschen Lignin- und Resveratrolbildung kommt (quasi „Immunantwort“), zeichneten sich die Weißweine aus biologisch produzierten Trauben durch einen höheren Gehalt an Resveratrol aus.

Bei den Rotweinen des Jahrgangs 2001 (Abb. 4) war der Gesamtphenolgehalt annähernd gleich (0,94 g/l vs. 0,89 g/l). Die biologische Variante zeichnete sich jedoch durch einen höheren Gehalt an Resveratrolen (4,35 mg/l vs. 3,57 g/l), Leukoanthocyanen (3,78 g/l vs. 3,47 g/l) und höhere Werte antioxidativer Kapazität (16,42 mmol/l vs. 14,08 mmol/l) aus als die konventionellen. Ausschließlich der Anthocyanengehalt war in biologischen Rotweinen niedriger (108,2 mg/l) im Vergleich zu den konventionellen (125,5 mg/l). Daraus kann geschlossen werden, dass die Wetterbedingungen

(kühl, feucht) die Entwicklung des Pilzes *Botrytis cinerea* begünstigt hatten, wodurch eine verstärkte Produktion von sekundären Pflanzenstoffen stattgefunden hat.

Weißweine des Jahrgangs 2000. Im Jahr 2000 war das Wetter durch hohe Temperaturen, viel Sonne und Trockenheit geprägt. Im April und Mai herrschten hochsommerliche Temperaturen. Im Juli war es hingegen kühl und feucht. Im August gab es wiederum eine mehrwöchige Hitzeperiode. Das hatte ein verspätetes Auftreten des Botrytis-Pilzes zur Folge (ÖWM, 2003).

Der durchschnittliche Gehalt an Resveratrolen in biologischen Weißweinen des Jahrgangs 2000 (Abb. 5) war signifikant höher (0,56 mg/l vs. 0,27 mg/l) als der in konventionellen (0,27 mg/l). Der Gesamtphenolgehalt war in Weinen aus biologisch produzierten Trauben zwar höher als in den konventionellen (0,091 g/l vs. 0,075 g/l), der Unterschied war allerdings statistisch nicht signifikant. Die biologischen Varianten zeichneten sich auch durch ein höheres antioxidatives Potenzial



biologische Rotweine 2002

biologische Rotweine 2001

konventionelle Rotweine 2002

konventionelle Rotweine 2001

Abb.9: Korrelationen zwischen dem Gesamtphenolgehalt und den Werten antioxidativer Kapazität in Rotweinen aus biologischer bzw.- konventioneller Traubenproduktion getrennt nach Jahrgängen

aus (2,23 mmol/l vs. 1,82 mmol/l) als die konventionellen, auch dieser Unterschied war nicht signifikant.

Da die Wetterlage für die Entwicklung des Botrytis-Pilzes eher ungünstig war, wurden die Trauben kaum befallen. Die höheren Werte an Resveratrolen und Gesamtphenolen sowie antioxidativen Kapazität in den Weinen aus biologisch produzierten Trauben könnten durch die kühle und feuchte Witterung im Frühsommer verursacht worden sein. Derartige Witterungsbedingungen regte die Trauben zur Bildung entsprechender Abwehrstoffe an (HÄKKINEN, 2000; EDER et al., 2001 und 2002).

Die Rotweine des Jahrgangs 2002 wurden aufgrund geringer Anzahl von Proben zu der statistischen Auswertung nicht hergenommen.

Eine übersichtliche Zusammenfassung der bereits oben besprochenen Effekte der biologischen bzw. konventionellen Traubenproduktion auf die Gesamtphenolgehalte und das antioxidative Potenzial wird in Abbildung 6 bzw. Abbildung 7 anhand der Darstellung als Box und Whisker Blot gegeben. Gut ersichtlich ist die bekannte Tatsache, dass Rotweine aufgrund der hö-

heren Phenolgehaltes in den Trauben und des Herstellungsverfahrens über höhere Mengen an Polyphenolen und über eine höhere antioxidative Kapazität verfügen als Weißweine.

Korrelationsanalysen. Getrennt nach Weinart wurde mittels Korrelationsanalyse ermittelt, welcher Zusammenhang zwischen Polyphenolgehalt und der antioxidativen Kapazität besteht. Bei den Weißweinen aus biologisch produzierten Trauben konnten zwischen der antioxidativen Kapazität und Gesamtphenolgehalt ein jahrgangsabhängiger, geringer Zusammenhang festgestellt werden (2002: $R^2=0,281$; 2001: $R^2=0,129$ und 2000: $R^2=0,475$). Im Falle der Weißweine aus konventioneller Traubenproduktion wurden folgende, ebenfalls sehr niedrigen, Korrelationen zwischen dem antioxidativen Potenzial und dem Gesamtphenolgehalt gefunden: 2002: $R^2=0,131$; 2001: $R^2=0,064$ und 2000: $R^2=0,792$. Hingegen wurde bei den Rosé- und Rotweinen aus biologischer Produktion eine deutliche, direkte Korrelation zwischen der antioxidativen Kapazität und dem Gesamtphenolgehalt festgestellt (2002: $R^2=0,663$; 2001: $R^2=0,867$). Auch bei den Weinen aus konventio-

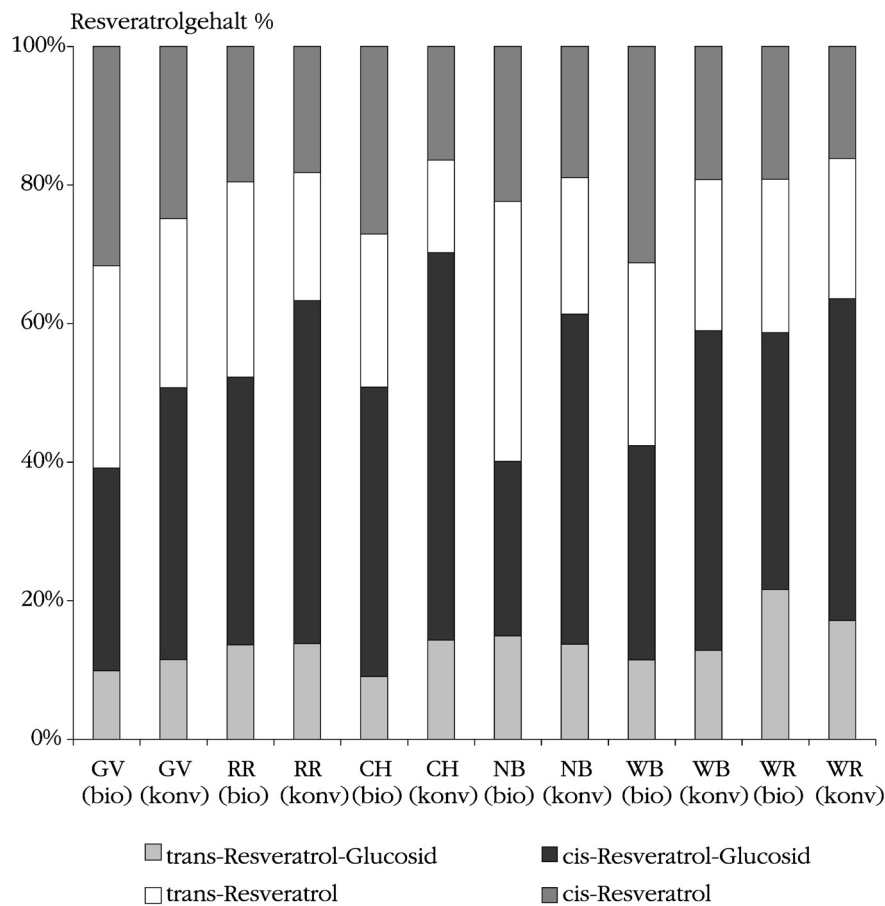


Abb. 10: Prozentueller Anteil einzelner Resveratrole am Gesamtresveratrolgehalt in Weißweinen aus biologischer bzw. konventioneller Traubenproduktion

nell produzierten Trauben konnte ein mittlerer Zusammenhang zwischen Gesamtphenolgehalt und antioxidativer Kapazität bestimmt werden (2002: $R^2=0,689$; 2001: $R^2=0,487$).

Weiß- und Rotweine verschiedener Sorten. Im Zuge der Untersuchung von Weinen verschiedener Rebsorten haben GOLDBERG et al. (1999) und EDER et al., (2001) sortenabhängige Unterschiede hinsichtlich Gehalt und Zusammensetzung der Resveratrole festgestellt. Aus diesem Grund wurden die Untersuchungsergebnisse auch getrennt nach weißen und roten Rebsorten ausgewertet, wobei der Jahrgang der Weine nicht berücksichtigt wurde. Die nach Sorten getrennte Auswertung beschränkt sich bei den Weißweinen auf sechs Sorten ('Grüner Veltliner', 'Riesling', 'Chardonnay', 'Neuburger', 'Welschriesling' und 'Weißburgunder') und bei den Rotweinen auf die Kategorien (Sortenverschnitt, Schilcher = Wildbacher Rosé, 'Zweigelt' und

'Blauer Portugieser'), da von den anderen Sorten nicht ausreichend Proben für einen repräsentativen Vergleich vorhanden waren.

Der Gesamtphenolgehalt war in Weißweinen von biologisch produzierten Trauben ein wenig höher als in denen aus konventionell produzierten Trauben. Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Nur die konventionellen Weine der Sorte 'Welschriesling' zeichnete sich durch einen signifikant höheren Gesamtphenolgehalt (0,085 g/l vs. 0,065 g/l) aus als die biologischer Variante. Bei der antioxidativen Kapazität war tendenziell zu beobachten, dass die biologischen Weißweine der Sorte 'Riesling', 'Chardonnay' und 'Weißburgunder' höhere Werte der antioxidativen Kapazität aufwiesen als die konventionellen. Ein sehr großer, jedoch statisch nicht signifikanter Unterschied bestand bei der antioxidativen Kapazität zwischen biologischen und konventionellen Weinen bei der Sorte 'Weißburgunder' (1,89

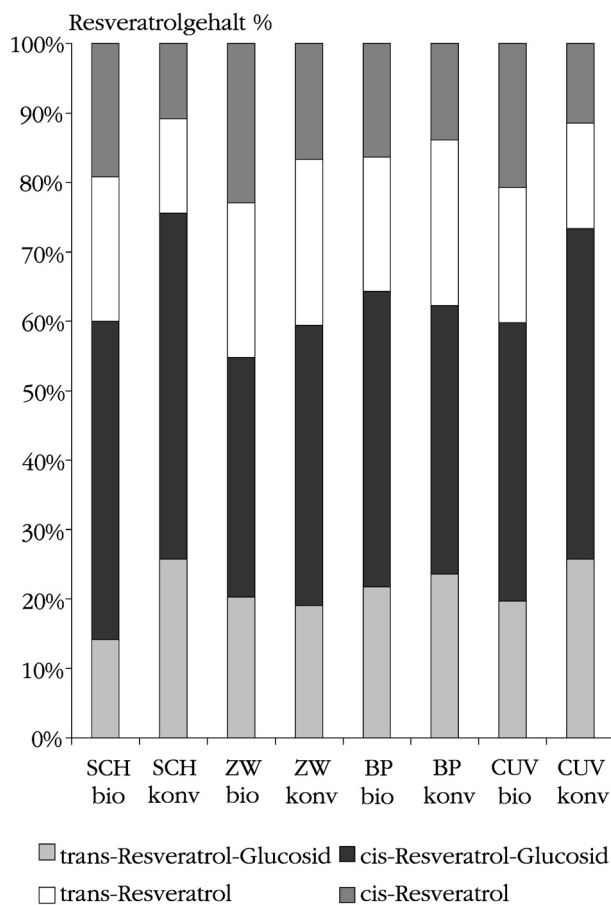


Abb. 11: Prozentueller Anteil einzelner Resveratrole am Gesamtresveratrolgehalt in Rosé- und Rotweinen aus biologischer bzw. konventioneller Traubenproduktion

mmol/l vs. 1,38 mmol/l). Einen höheren Gehalt an Resveratrolen hatten die Weine aus biologischer Produktion bei folgenden Sorten: 'Grüner Veltliner', 'Chardonnay', 'Neuburger' und 'Weißburgunder'. Beim 'Weißburgunder' war der Unterschied im Resveratrolgehalt zwischen biologischer und konventioneller Variante signifikant. Beim biologischen Wein der Sorte 'Chardonnay' ist zwar der Resveratrolgehalt wesentlich höher als in konventioneller Variante (0,90 mg/l vs. 0,53 mg/l), aber der Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

Die Anteile der vier untersuchten Resveratrolformen am Gesamtresveratrolgehalt stellten sich in biologischen und konventionellen Weißweinsorten (Abb. 10) unterschiedlich dar. Der Anteil an *cis*-Resveratrol-Glucosid war in Weinen aus konventioneller Traubenproduktion höher als bei konventioneller Technik. Dafür dominierte in biologischen produzierten Weiß-

weinen die *trans*-Form des Resveratrols. Einen höheren Gehalt an *cis*-Resveratrol-Glucosid hatten die konventionellen Weißweine folgenden Sorten: 'Grüner Veltliner', 'Riesling', 'Neuburger', 'Welschriesling'. Der Gehalt an *trans*-Resveratrol war in allen biologischen Weißweinen, mit Ausnahme von 'Welschriesling', höher als in konventionellen Weinen. Im Falle von drei Weißwein-Sorten ('Chardonnay', 'Neuburger', 'Weißburgunder') war der Unterschied im Gehalt an *trans*-Resveratrol zwischen der biologischen und konventionellen Versuchsvariante signifikant. Im Gehalt an *trans*-Resveratrol-Glucosid wurden zwischen den biologischen und konventionellen Weißweinen keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Lediglich biologischer Wein der Sorte 'Weißburgunder' verfügte über wesentlich mehr *trans*-Resveratrol-Glucosid (0,07 mg/l vs. 0,025 mg/l) als die konventionelle Variante. Ein höherer Gehalt an *cis*-Resveratrol wurde in biologischen Weinen folgender Sorten festgestellt: 'Grüner Veltliner' (0,27 mg/l), 'Chardonnay' (0,24 mg/l), 'Neuburger' (0,14 mg/l) und 'Weißburgunder' (0,19 mg/l). In den restlichen Weißweinsorten (Riesling und 'Welschriesling') war der Gehalt an *cis*-Resveratrol in der konventionellen und biologischen Variante fast gleich.

In Rosé- und Rotweinen war der Gesamtphenolgehalt bei der biologischen und konventionellen Variante annähernd gleich. Darüber hinaus war hier keine Tendenz auffällig. Lediglich ein Wein (Cuvée) aus biologischer Traubenproduktion zeichnete sich durch einen wesentlich höheren Gehalt an Gesamtphenol aus (1,50 g/l) als der konventionelle Cuvée-Wein (0,87 g/l). Die Werte der antioxidativen Kapazität in Rosé- und Rotweinsorten verteilten sich so unregelmäßig, dass keine allgemeine Aussage über Tendenzen gemacht werden kann. Die Rotweine aus biologischem Weinbau wiesen allgemein einen höheren Gehalt an Resveratrolen auf, eine Ausnahme war der konventionelle Wein der Sorte Wildbacher-Rosé („Schilcher“), der einen höheren Resveratrolgehalt (6,93 mg/l vs. 6,38 mg/l) enthielt als die biologische Vergleichsvariante. Die vier untersuchten Formen des Resveratrols stellen sich auf dem ersten Blick annähernd gleich dar (Abb. 11). Allerdings ist *cis*-Resveratrol in biologisch produzierten Rotweinen in höheren Anteilen vorhanden als in konventionellen Rotweinen. Nur im Falle der Cuvée-Weine war dieser Unterschied signifikant (biologisch: 0,69 mg/l; konventionell: 0,29 mg/l). Der Gehalt an *trans*-Resveratrol war in biologischen Rotweinsorten tendenziell ein wenig höher.

Allgemein ist festzustellen, dass alle biologischen Weiß-, Rosé- und Rotweine einen höheren Anteil an cis-Resveratrol aufwiesen. Dies weist darauf hin, dass cis-Resveratrol im biologischen Weinbau ein natürliches und nicht sortenspezifisches Abwehrmittel für die Trauben ist. Dies widerspricht zwar Literaturangabe (EDER et al., 2001), welche dem *trans*-Resveratrol diese Funktion in der Traube zugeordnet haben, der Unterschied kann aber möglicherweise auf Isomerisierungsvorgänge während der Traubenernte, Weinbereitung, Lagerung oder Analyse zurückgeführt werden. Die anderen untersuchten Polyphenole und die antioxidative Kapazität variierten zwar sowohl zwischen als auch innerhalb der Sorten, Jahrgänge und auch der Art der Traubenproduktion (biologisch vs. konventionell), eindeutige Abhängigkeiten konnten aber nicht festgestellt werden, obwohl Zusammenhänge zwischen dem Botrytisbefall und dem Gehalt an bestimmten sekundären Pflanzenstoffen vermutet werden.

Danksagung

Allen Winzern, die Weine zur Verfügung gestellt und Herrn Dipl.-Ing. CHRISTIAN EIS von der Vereinigung Austria Biogarantie sei herzlichst für die Unterstützung dieses Projektes gedankt.

Literatur

- BURNS, J., GARDNER, P.T., O'NEILL, J., CRAWFORD, S., MORECROFT, I., MCPHAIL, D.B., LISTER, C., MATTHEWS, D., MACLEAN, M.R., LEAN, M.E.J., DUTHIE, G.G. and CROZIER, D. 2000: Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity, and phenolic content of red wines. *J. Agric. Food Chem.* 48: 220 - 230
- EDER, R. und WENDELIN, S. (2002): Phenolzusammensetzung und antioxidative Kapazität von Trauben und Weinen. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten (ALVA). Klosterneuburg, 2002
- EDER, R., WENDELIN, S. und BARN, J. 1990: Auftrennung der monomeren Roweinanthocyane mittels Hochdruckflüssigkeitschromatografie (HPLC) - Methodenvergleich und Vorstellung einer neuen Methode. *Mitt. Klosterneuburg* 40: 68 - 75
- EDER, R., WENDELIN, S. und BARN, J. 1994: Klassifizierung von Rotweinsorten mittels Anthocyananalyse. 1. Mitteilung: Anwendung multivariater statistischer Methoden zur Differenzierung von Traubenproben. *Mitt. Klosterneuburg* 44: 201-212
- EDER, R., WENDELIN, S. und VRHOVSEK, U. 2001: Resveratrolgehalte von Trauben und Rotweinen in Abhängigkeit von Lesejahrgang und Lesetermin. *Mitt. Klosterneuburg* 51: 64-78
- GOLDBERG, D.M., KARUMANCHIRI, A., SOLEAS, G.J. and TSANG, E. 1999: Concentration of selected polyphenols in white commercial wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 50(2): 185-193
- HÄKKINEN S. (2000): Flavanols and phenolic acids in berries and berry products. Diss. Kuopio University, 2000 (Kuopio University Publications D. Medical Sciences; 221)
- HOFFMAN, U. 2003: Botrytis : Herausforderung für den ökologischen Weinbau. *Der Winzer* (7): 16-19
- JEANDET, P., DOUILLET-BREUIL, A.-C., BESSIS, R., DEBORD, S., SBAGHI, M. and ADRIAN, M. 2002: Phytoalexins from the Vitaceae : Biosynthesis, phytoalexin gene expression in transgenic plants, antifungal activity, and metabolism. *J. Agric. Food Chem.* 50: 2731-2741
- KANNER, J., FRANKEL, E., GRANIT, R., GERMAN, B. and KINSELLA, J.E. 1994: Natural antioxidants in grapes and wines. *J. Agric. Food Chem.* 42: 64-69
- KÜNSCH, U. und HÖHN, E. 2001: Früchte und Gemüse - unerlässlich für unsere Gesundheit. *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau* (18): 494-497
- POUR NIKFARDJAM, S.P.M. 2002: Polyphenole in Weißweinen und Traubensäften und ihre Veränderung im Verlauf der Herstellung. (Diss. Justus-Liebig-Universität, Giessen). - Marburg: Tactum, 2002
- RIBÉREAU-GAYON, P., DUBOURDIEU, D., DONÈCHE, B. and LONVAUD, A. (2000): Handbook of enology, Vol. 1: The microbiology of wine and vinifications. - Chichester: Wiley, 2000
- SOLEAS, G.J., GRASS, L., JOSEPHY, P.D., GOLDBERG, D.M. and Diamandis, E.P. 2002: A comparison the anticarcinogenic properties of four red wine polyphenols. *Clin. Biochem.* 35(2): 119-124
- VRHOVSEK, U., EDER, R. and WENDELIN, S. 1995: The occurrence of trans-resveratrol in Slovenian red and white wines. *Acta Alimentaria* 24(2): 203-212
- VRHOVSEK, U., WENDELIN, S. and EDER, R. 1997: Effect of various vinification techniques on the concentration of cis- and trans-resveratrol and resveratrol glucoside isomers in wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 48(2): 214-219
- ZOECKLEIN, B.W., FUGELANG, K.C., GUMP, B.H. and NURY, F.S. (1995): Wine analysis and production. - New York: Chapman & Hall, 1995

Manuskript eingelangt am 27. Juli 2005