

# Resveratrolgehalte von Trauben und Rotweinen in Abhängigkeit von Lesejahrgang und Lesetermin

REINHARD EDER<sup>1</sup>, SILVIA WENDELIN<sup>1</sup> und URSA VRHOVSEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau  
A-3400 Klosterneuburg, Wiener Straße 74

<sup>2</sup> Universität Laibach, Institut für Weintechnologie, Biotechnische Fakultät  
SLO-1111 Laibach, Adresse

*Resveratrole sind Phytoalexine, die infolge von mikrobiellem oder abiotischem Stress in verschiedenen Organen der Rebe gebildet werden. In Trauben sind zumindest vier monomere Formen enthalten: trans- und cis-Resveratrol, trans- und cis-Resveratrolglucosid (Piceide). Da verschiedene gesundheitsfördernde Wirkungen nachweisbar sind, gilt als gesichert, dass Resveratrole für das verringerte Herzinfarktrisiko infolge eines moderaten Weinkonsums mitverantwortlich sind.*

*Im Rahmen dieser Arbeit wurden von 440 österreichischen Rotweinen (21 Sorten, sechs Lesejahrgänge) die Gehalte der vier Resveratrolformen mittels HPLC und UV-Detektion bestimmt. Dabei konnten starke sorten- und jahrgangsbedingte Unterschiede festgestellt werden. Die höchsten Gesamtresveratrolgehalte wurden in einem Wein der Sorte 'Blauburgunder' mit 17,7 mg/l detektiert. Bei den durchschnittlichen Gesamtresveratrolgehalten lagen die Weine der Sorte 'Blafränkisch' mit einem Wert von 7,6 mg/l an der Spitze. Es folgten die Sorte 'Deckrot' (6,7 mg/l) und die Qualitätsrebsorten 'Blauburgunder' (6,2 mg/l), 'Blauburger' (5,8 mg/l) und 'Sankt Laurent' (5,7 mg/l). Die geringsten Gesamtresveratrolgehalte wiesen Weine der Direktträgersorten 'Ripertella' (0,8 mg/l) und 'Othello' (0,4 mg/l) auf. Hinsichtlich des Einflusses der jahrgangsbedingten Witterung auf die Gesamtresveratrolgehalte konnte kein eindeutiger Zusammenhang festgestellt werden. Bei dünnchaligen, farbschwachen Sorten wie 'Blafränkisch' und 'Blauburgunder' waren die Gesamtresveratrolgehalte in kühl-feuchten Jahren aber deutlich höher als in warm-trockenen Jahren. Im Zuge einer gestaffelten Probennahme wurde festgestellt, dass die Resveratrolgehalte in Trauben nicht stetig ansteigen, sondern unregelmäßigen Schwankungen unterliegen. In den Traubenproben dominierte cis-Piceid vor trans-Piceid, der Anteil von trans-Resveratrol war kleiner 20 %. Die untersuchten Rebsorten wiesen deutliche Unterschiede im Verhältnis von Piceiden zu Resveratrolen auf. Eine darauf basierende Einteilung der Rebsorten entsprechend ihres Piceid/Resveratrol-Quotienten ergab eine gute Übereinstimmung mit den effektiven züchterischen Verwandtschaften. Während der Piceid/Resveratrol-Quotient starke jahrgangsbedingte Schwankungen aufwies, war das Verhältnis von trans-Resveratrolen zu cis-Resveratrolen während des Untersuchungszeitraumes einigermaßen konstant. Auffällig hohe Anteile von trans-Resveratrolen wurden in Weinen der Sorte 'Cabernet Franc' nachgewiesen, während Weine der Sorte 'Samtrot', der Direktträgersorten 'Othello', 'Isabella' und 'Ripertella' sowie der Färbersorte 'Deckrot' bemerkenswert hohe Anteile an cis-Resveratrolen enthielten.*

**Resveratrol contents of grapes and red wines in dependency on vintage year and harvest date.** *Resveratrols are phytoalexins which are formed in different grape organs due to microbiological or abiotic stress. At least four monomeric forms are found in grapes: trans- and cis-resveratrol as well as trans- and cis-resveratrol glucoside (piceids). Because several wholesome effects can be proved, resveratrols as an effect of moderate wine consumption are considered to be jointly responsible for a decreased heart attack hazard. For this investigation 440 Austrian red wines (21 cultivars, six vintage years) were analyzed for their contents of the four forms of resveratrols by means of HPLC and UV-detection. Depending on cultivar and vintage year significant differences were determined. The highest resveratrol contents (17.7 mg/l) were analyzed in a wine of the cultivar 'Pinot noir'. The highest average amounts (7.6 mg/l) were found with wines of the cultivar 'Blafränkisch', followed by the cultivars 'Dec-*

krot' (6.7 mg/l) and 'Blauburgunder' (6.2 mg/l), 'Blauburger' (5.8 mg/l) and 'St. Laurent' (5.7 mg/l). The direct producer varieties 'Ripertella' (0.8 mg/l) and 'Othello' (0.4 mg/l) showed the lowest total resveratrol contents. No clear connection between climatological conditions and total resveratrol contents could be determined. But with the cultivars 'Blaufränkisch' and 'Blauburgunder', both of them cultivars with thin-skinned berries and with little colour, the total contents were significantly higher in cool and humid years than in warm and arid years. By means of a staggered sampling it could be proved, that resveratrol contents do not increase steadily, but undergo irregular fluctuations. In the grape samples more cis-piceid than trans-piceid was found, the portion of trans-resveratrol being less than 20 %. The investigated cultivars showed distinct differences in their piceid:resveratrol-ratios. A classification of the cultivars based on these ratios brought good correlations between the actual breeding affinities. Whereas the piceid:resveratrol-ratio showed distinct variations in dependency of the vintage years, the ratio between trans- and cis-resveratrols stayed fairly constant over the period of investigation. Noticeably high portions of trans-resveratrols were determined in wines of the grape cultivar 'Cabernet Franc', whereas the variety 'Samtrot', the hybrid varieties 'Othello', 'Isabella' and 'Ripertella' as well as the teinturier grape variety 'Deckrot' showed remarkably high shares of cis-resveratrols.

**La teneur en resvératrol des raisins et des vins rouges en fonction du millésime et du moment de la vendange.** Les resvératrols sont des éliciteurs qui se forment dans différents organes de la vigne suite au stress microbien ou abiotique. Quatre formes monomères au moins sont contenues dans les raisins : le trans-resvératrol et le cis-resvératrol, le glucoside trans-resvératrol et cis-resvératrol (picéides). Comme il est possible de prouver plusieurs effets positifs sur la santé, il est considéré comme certain que les resvératrols contribuent également à la diminution du risque de l'infarctus du myocarde suite à une consommation de vin modérée. Dans le cadre de ce travail, la teneur en resvératrol, pour ce qui est des quatre formes, de 440 vins rouges autrichiens (21 cépages, six millésimes) a été déterminée au moyen de la méthode CLHP et de la détection UV. Des différences importantes dues aux cépages et aux millésimes ont pu être constatées. La teneur la plus élevée, soit 17,7 mg/l en resvératrol total a été détectée dans un vin du cépage Blauburgunder (Spätburgunder, Pinot noir). Pour ce qui est des teneurs moyennes en resvératrol total, les vins du cépage Blaufränkisch arrivaient en tête avec une teneur de 7,6 mg/l, suivis des cépages Deckrot (6,7 mg/l) et des cépages de qualité Blauburgunder (6,2 mg/l). Blauburger (5,8 mg/l) et Sankt Laurent (5,7mg/l). Les vins des cépages des producteurs directs Ripertella (0,8 mg/l) et Othello (0,4 mg/l) présentaient les teneurs les plus basses en resvératrol total. Quant aux influences atmosphériques au cours de l'année de récolte, aucun rapport manifeste n'a pu être établi. Les teneurs en resvératrol total des cépages à peau fine et à couleur faible étaient cependant sensiblement plus élevés lors d'années fraîches et humides que pendant les années chaudes et sèches. Au cours d'un prélèvement d'échantillons échelonné, il a été constaté que les teneurs des raisins en resvératrol n'augmentent pas régulièrement, mais sont soumises à des variations irrégulières. Dans les échantillons de raisins, la teneur en cis-picéide était plus élevée que celle en trans-picéide, la part du trans-resvératrol étant inférieure à 20 %. Ces cépages examinés présentaient des différences importantes en ce qui concerne le rapport entre les picéides et les resvératrols. Le classement des cépages en fonction de leur ratio picéide/resvératrol a eu pour résultat une bonne coïncidence avec les parentés effectives découlant de la culture. Tandis que le ratio picéide/resvératrol présentait des variations importantes en fonction du millésime, le rapport entre les trans-resvératrols et les cis-resvératrols est resté plus ou moins constant au cours de la période d'essai. Des parts particulièrement élevées de trans-resvératrols ont été détectées dans les vins des cépages Cabernet Franc, tandis que les vins des producteurs directs Othello, Isabella et Ripertella ainsi que des cépages colorants Deckrot contenaient des parts remarquablement élevés de cis-resvératrols.

Die Gruppe der Resveratrole (3,5,4' -Trihydroxystilbene) umfasst nach derzeitigem Wissensstand zumindest vier eng verwandte Substanzen: trans- und cis-Resveratrol sowie deren Glucoside trans- und cis-Resveratrolglucosid (trans- und cis-Piceid). Weiters bilden die Resveratrole oligomere und polymere Formen, die Viniferine, welche insbesondere in verholzten Pflanz-

zenorganen (z.B. Wurzeln) anzutreffen sind. Gemeinsam mit den Pterostilbenen (3,5-Dimethoxy-4'-hydroxystilbene) zählen sie zu den Stilbenen und sind somit Bestandteile der phenolischen Inhaltsstoffe von verschiedenen Pflanzenfamilien, z.B. Vitis, Veratrum, Arachis und Trifolium (JEANDET et al., 1993).

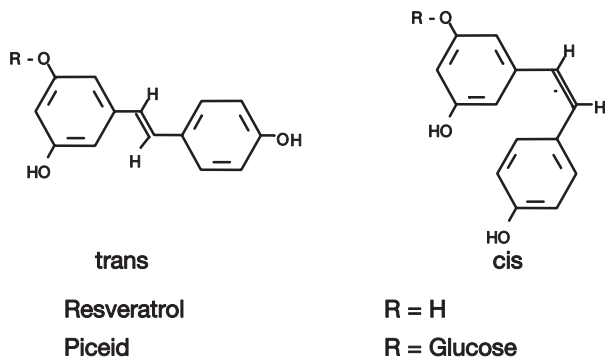


Abbildung 1: Chemische Formeln von *trans*- und *cis*-Resveratrol bzw. Resveratrolglucosid (= Piceid)

### Biologische Wirkung von Resveratrolen in der Rebe

In den Pflanzen wirken Resveratrole als Phytoalexine, d.h. als antimikrobielle Abwehrsubstanzen, die infolge von Infektionen (z.B. *Botrytis*, *Plasmopara*, *Phomopsis*) oder Stress gebildet werden (SEAMAN and CREASY, 1992). Resveratrolerivate wurden bisher in Blättern (LANDCAKE and PRICE, 1976), Trieben, Samen (ECTOR et al., 1996), Beeren (LANDCAKE and PRICE, 1977) und Wein (SEAMAN and CREASY, 1992; ECTOR et al., 1996) von Reben der Gattungen *V. vinifera*, *V. labrusca* und *V. rotundifolia* nachgewiesen. In den Trauben erfolgt die Synthese und Akkumulation der Resveratrole im Wesentlichen in den Schalen. Während im Anfangsstadium der Traubenentwicklung die Stilbensynthese ansteigt, kommt es mit beginnender Traubenverfärbung zu einer plötzlichen Verringerung der Resveratrolbildung. Dieser Rückgang der Resveratrolsyntheseleistung dürfte auf die entstehende Konkurrenzsituation der Enzyme der Stilben- und der Anthocyanbiosynthese um die gemeinsamen Ausgangssubstrate (p-Cumaryl-CoA und Malonyl-CoA) zurückzuführen sein (JEANDET et al., 1995c). Dass die Fähigkeit der Bildung von Resveratrol vom Pflanzenalter abhängt, konnte auch im Zuge von *in vitro*-Versuchen mit verschiedenen Rebsorten nachgewiesen werden. Es zeigte sich nämlich, dass nur in 150 bis 180 Tage alten Zellkulturen Stilbene anhand ihrer charakteristischen Fluoreszenz detektierbar waren. Im Zuge dieser Versuchsserie gelang es weiters nachzuweisen, dass die Biosynthese von *trans*-Resveratrol durch Stressfaktoren, z.B. Auftragen einer Suspension von *Botrytis*-Konidien, Zell-

wandpräparationen von *Botrytis*, Chemikalien (Abbauprodukte von Pektin, z.B. Galakturonsäure) sowie Anwendung einer UV-Bestrahlung, extern induziert werden kann (JEANDET et al., 1992).

Lange Zeit galt das wissenschaftliche Interesse den Resveratrolen hauptsächlich wegen der erhofften Wirkung als Schutzsubstanz gegen die Sauerfäule (*Botrytis cinerea*) der Trauben. Die durch diesen Pilz verursachten Veränderungen sind nur bei sehr reifen Produkten (Edelfäule bei Prädikatsweinen) wünschenswert, während sie in den meisten Fällen, insbesondere bei Rotweinen, bedeutende Qualitäts- und auch Mengenverluste bewirken. Auf Grund der fungistatischen Wirkung der Stilbene wurde angenommen, dass sich *trans*-Resveratrol als biochemische Markersubstanz für Pilzresistenz in der Rebenzüchtung eignet (JEANDET et al., 1992). Ein eindrucksvoller Beweis für die pilzhemmende Wirkung von Resveratrol gelang mittels gentechnischer Methoden anhand von Tabakpflanzen, die, nachdem man ihnen das Gen für die Stilbensynthese eingeklont hatte, eine ausgeprägte Resistenz gegen *Botrytis cinerea* aufwiesen (HAIN et al., 1993). Untersuchungen von JEANDET et al., 1995b haben jedoch gezeigt, dass die botrytishemmende Wirkung von Resveratrol begrenzt ist, da die Autoren im Zuge der Untersuchung von Burgunder-Weinen von dreizehn Lesejahren (1980 bis 1992) die scheinbar paradoxe Beobachtung machten, dass in Jahren mit hohem und mittelmäßigem *Botrytis*befall die Resveratrolgehalte von Trauben eher gering waren, während sie in Jahrgängen mit geringer *Botrytis*infektion vergleichsweise hoch waren. Auf Grund dieser Beobachtung zogen sie den Schluss, dass *Botrytis cinerea* vermutlich über ein lacca-sähnliches Exoenzym (eventuell eine Stilben-Oxidase) verfügt, welches Resveratrol abbauen kann. Mittels elektronenmikroskopischer Untersuchungen konnten sie zeigen, dass auch in Jahren mit geringem Fäulnisbefall auf gesunden Trauben *Botrytis*zellen feststellbar waren. Erst durch das Eindringen von Pilzhyphen in das Gewebeinnere (Blatt, Beere) wird in der Rebe eine erhöhte Phytoalexinsynthese induziert. Für die weitere Verbreitung der *Botrytis*infektion sind dann hauptsächlich die klimatischen Bedingungen entscheidend. Sind der Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf des Jahrganges für die *Botrytis*vermehrung ungünstig, bleibt die Anzahl der Zellläsionen gering und die Resveratrolkonzentration in den Trauben hoch. Kommt es aber infolge einer warmen und feuchten Witterung zu einer raschen *Botrytis*vermehrung, wird die Beerenoberfläche von unzähligen Pilzhyphen durchlöchert, viel botrytisei-

gene "Stilben-Oxidase" wird in der Beere freigesetzt und dadurch die Stilbenkonzentration in den Trauben stark reduziert. Da dieses Enzym wahrscheinlich während der Traubenverarbeitung nicht inaktiviert wird, ist es möglich, dass noch während der Weinbereitung eine Verminderung der Resveratrolgehalte stattfindet.

### Gesundheitliche Wirkung von Resveratrolen

Seit dem Bekanntwerden des "Französischen Paradoxons" hat das Interesse an Resveratrol auf Grund seiner vermuteten therapeutischen Wirkung zusätzlich stark zugenommen (KANNER et al., 1994). Im Rahmen von medizinisch-statistischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass das relative Risiko, an Herz-Kreislauferkrankungen zu sterben, mit der täglichen MilCHFettaufnahme grundsätzlich eng korreliert. Auffällig ist jedoch, dass in französischen Rotweingebieten (z.B. Toulouse) die relative Herzinfarkttrate trotz hoher Fettaufnahme unterdurchschnittlich niedrig ist (RENAUD and DE LOREGIL, 1992). Als Ursache für dieses Phänomen werden die im Wein, insbesondere in Rotwein, enthaltenen Phenole angesehen. Die im Zuge eines moderaten Weingenusses aufgenommenen Weinphenole können auf Grund ihrer antioxidativen Wirkung das Risiko, eine Herz-Kreislauferkrankung zu bekommen, deutlich verringern. Da bekannt war, dass in dem aus den Wurzeln von *Polygonum cuspidatum* hergestellten asiatischen Naturheilmittel "Kojikon", welches unter anderem zur Vorbeugung von Herz-Kreislauferkrankungen eingesetzt wird, hohe Stilbengehalte vorhanden sind, wurde angenommen, dass auch die im Wein enthaltenen Resveratrole eine kardioprotektive Wirkung aufweisen (WATERHOUSE and LAMUELA-RAVENTOS, 1994). Aber erst durch die Arbeit von SIEMANN und CREASY, 1992, in welcher das erste Mal über das Vorkommen von Resveratrol in Weinen berichtet wurde, konnte die herzkreislaufschützende Wirkung von Wein auf eine bestimmte Substanz zurückgeführt werden. Mittels *in vitro*-Tests konnte in der Zwischenzeit die Gesundheitsstimulation von Resveratrol durch verschiedene biochemische Effekte erklärt werden. Paradigmatisch bewirken Resveratrole eine Inhibierung der kupferkatalysierten Oxidation der Low-Density-Lipoproteine (LDL) und des Arachidonsäurestoffwechsels (Eicosanoat) sowie eine Verringerung der Blutgerinnungsbildung und der Serum-Lipidwerte. Hinsichtlich der effektiv wirksamen Kon-

zentrationen bestehen jedoch Widersprüche, beispielsweise wird beschrieben, dass die Blutplättchen-Aggregation durch 129 µmol/l (Verwendung von ADP als Inducer) bzw. durch 0,016 µmol/l (Verwendung von Kollagen als Inducer) *trans*-Resveratrol zu 50 % gehemmt wird (ROMERO-PÉREZ et al., 1996).

### Vorkommen von Resveratrolen in Trauben und Weinen

Seit der erstmaligen Entdeckung von Resveratrolderivaten in Blättern (LANDCAKE and PRICE, 1976), Beeren (LANDCAKE and PRICE, 1977) und Wein (SEAMAN and CREASY, 1992) waren die quantitativen Untersuchungen hauptsächlich auf *trans*-Resveratrol fokussiert. Auf Grund verschiedener Analysetechniken sind die publizierten Gehalte an *trans*-Resveratrol in Weinen jedoch sehr unterschiedlich, einerseits wurden größtenteils Gehalte 1 mg/l gefunden (ECTOR et al., 1996; LAMUELA-RAVENTÓS and WATERHOUSE, 1993), während andererseits höhere Gehalte 1 mg/l bis zu 10 mg/l beschrieben wurden (GOLDBERG et al., 1995; ROGGERO et ARCHIER, 1994; MATTIVI, 1993a). Je nach Rebsorte dürfte das Potenzial zur Resveratrolbildung unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Vergleichende Untersuchungen von ECTOR et al., 1996 ergaben, dass insbesondere Sorten der 'Burgunder'-Familie ein hohes Resveratrolbildungsvermögen aufweisen.

Mittels photochemischer Isomerisierung und GC-Analyse der silylierten Resveratrole konnte auch erstmals das *cis*-Isomer identifiziert werden. In Rotweinen der Sorte 'Blauburgunder' lag bei Gesamtresveratrolgehalten von 0,35 bis 2 mg/l der Anteil des *cis*-Resveratrols zwischen 50 und 90 %. Weißweine enthalten deutlich geringere Resveratrolgehalte (i.d.R. 0,3 mg/l); der prozentuelle Anteil des *cis*-Isomers betrug bei der Sorte 'Chardonnay' 60 bis 100 % (JEANDET et al., 1993 und 1995a; VRHOSEK et al., 1995). Untersuchungen von spanischen Rot- und Weißweinen (ROMERO-PÉREZ et al., 1996; LAMUELA-RAVENTÓS et al., 1995) ergaben hingegen deutlich höhere Gehalte an *trans*- als an *cis*-Resveratrol mit einem *trans*-/*cis*-Verhältnis von 2,7 bis 7,7 (Extremwert: 20,6).

Im Jahr 1994 wurde erstmals über das Vorkommen von Resveratrolglucosiden (Piceid) in Wein berichtet (WATERHOUSE and LAMUELA-RAVENTÓS, 1994; JEANDET et al. 1994). Die Piceidgehalte lagen bei

der Sorte 'Blauburgunder' im Bereich von 7 bis 187 mg pro Kilogramm trockener Traubenschalen (JEANDET et al., 1994). Etwas später wurden die Gehalte der isomeren Resveratrolglucoside in verschiedenen spanischen Rotweinen publiziert, der Mittelwert betrug 0,96 mg/l für *cis*-Piceid und 1,85 mg/l für *trans*-Piceid (WATERHOUSE and LAMUELA-RAVENTÓS, 1994). In spanischen Weißweinen waren die Werte erwartungsgemäß niedriger, für *cis*-Resveratrolglucosid wurde ein Mittelwert von 0,123 mg/l und für *trans*-Resveratrolglucosid von 0,166 mg/l ermittelt (ROMERO-PÉREZ et al., 1996).

Analog zu den Anthocyanen sind die Resveratrole nur in den Beerenschalen lokalisiert. Bei der Weinbereitung werden sie daher erst im Zuge einer Maischemazeration (z.B. Maischegärung, Maischeerhitzung) im großen Ausmaß extrahiert. Die Kinetik der Extraktion von *trans*-Resveratrol wurde ausführlich von MATTIVI und NICOLINI, 1993 dargestellt. Sie stellten fest, dass bereits nach ca. vier Tagen ein Großteil des *trans*-Resveratrols ausgelaugt und dass in Seihwein der Gehalt deutlich höher ist als in Presswein.

Anhand eines Gärversuches mit Trauben der Sorte 'Blauburgunder' konnten wir (VRHOVSEK et al. 1997) zeigen, dass während der Anfangsphase der Maischegärung fast ausschließlich Resveratrolglucoside vorliegen und erst ab dem zweiten bis dritten Tag durch die enzymatischen und hydrolytischen Wirkungen *trans*- und *cis*-Resveratrol freigesetzt werden. Die Umwandlung von Resveratrolglucosiden in freie Resveratrole kann durch Verwendung eines Hefestammes mit hoher  $\beta$ -Glucosidaseaktivität verstärkt werden. Die von Bakterien der Gattung *Oenococcus oeni* ausgeübte  $\beta$ -Glucosidaseaktivität bewirkt ebenfalls eine Abspaltung des Glucoseresestes von Piceiden und somit die Freisetzung von Resveratrolglyka im Zuge eines biologischen Säureabbaus (VRHOVSEK et al. 1997).

Während einige eiweißhaltige Schönungsmittel, wie beispielsweise Gelatine und Casein, nur geringe Auswirkungen auf die Resveratrolgehalte haben, bewirkt eine Weinbehandlung mit 50 g PVPP pro Hektoliter Wein eine starke Abnahme (bis zu 90 %) der Gehalte an *cis*- und *trans*-Resveratrol (VRHOVSEK et al., 1996). Resveratrole zählen zu den phenolischen Substanzen und weisen daher nur eine begrenzte Stabilität auf. Beispielsweise konnten wir im Zuge einer zehnwöchigen Lagerung eine Abnahme der Gesamtresveratrolgehalte um 0,6 bis 1,2 mg/l feststellen (EDER et al., 1998). Mattivi und Nicolini, 1993 fanden für *trans*-Resveratrol die

beste Stabilität bei einem SO<sub>2</sub>-Gehalt von 30 mg/l und einem pH-Wert um 3,65.

## Übliche Analysemethoden

Für die quantitative Bestimmung der Resveratrole wurden verschiedene Analyseverfahren erarbeitet. Eine weite Verbreitung haben HPLC- und GC- bzw. GC-MS-Methoden gefunden (SEAMAN and CREASY, 1992; GOLDBERG et al., 1995). Bei HPLC-Analysen werden die Proben direkt eingespritzt und anschließend mittels eines UV-Detektors bestimmt, die Peak-Erkennung und die quantitative Auswertung sind aber relativ schwierig (ROGGERO et ARCHIER, 1994). Eine Verbesserung der Auftrennung und Auswertung kann mittels Probenvorbereitung, entweder durch Flüssig-Flüssig-Extraktion mit Ethylacetat (LAMUELA-RAVENTÓS and WATERHOUSE, 1993) oder durch Festphasenextraktion mit RP-C<sub>18</sub>-Säulchen erreicht werden (VRHOVSEK et al. 1995; MATTIVI, 1993b). Durch die Kombination der HPLC mit selektiven Detektionssystemen, wie beispielsweise Fluoreszenzdetektor (PEZET et al., 1994) oder elektrochemischem Detektor (MCMURTREY et al., 1994), wurden auch mit Direktinjektion sehr gute Ergebnisse erzielt. Bei der GC- bzw. GC-MS-Analyse erfolgt üblicherweise eine Derivatisierung mit bis-Trimethylsilyl-Trifluoracetamid (BSTFA) oder eine Probenvorreinigung mittels RP-C<sub>18</sub>-Säulchen. Für die selektive Quantifizierung können verschiedene Massenspuren (z.B. m/z = 444, 371, 355 bzw. 228) herangezogen werden (JEANDET et al., 1993; GOLDBERG et al., 1995).

## Material und Methoden

### Probenmaterial

Untersucht wurden 440 sortenreine Rotweine von 22 verschiedenen Rebsorten. Entsprechend dem Verhältnis der Anbauflächen in Österreich wurde von den Hauptsorten eine größere Anzahl von Proben analysiert: 'Zweigelt' (n = 78), 'Blaufränkisch' (n = 77), 'Blauburgunder' (n = 67), 'Blauer Portugieser' (n = 46), 'Blauburger' (n = 29), 'Sankt Laurent' (n = 27), 'Cabernet Sauvignon' (n = 26), 'Merlot' (n = 22).

Von den anderen Sorten wurden auf Grund der geringen Anbaufläche und des geringen Angebotes zwischen fünf und zehn Proben untersucht. Es sind dies die Sorten 'Blauer Wildbacher', 'Trollinger', 'Cabernet Franc',

'Syrah', 'Barbera', 'Sangiovese', 'Roesler', 'Ráthay', 'Seifert', 'Deckrot' (Färbersorte), 'Samtrot' und die Hybridsorten bzw. Amerikanerreben 'Othello', 'Isabella', 'Ripertella'.

Die Weine stammen aus mehreren Weinbaugebieten Österreichs (hauptsächlich Donauland, Mittelburgenland und Weinviertel) von sechs aufeinander folgenden Lesejahrgängen (1993 bis 1998) und wurden im Alter von ein bis zwei Jahren untersucht.

Für die Bestimmung der Veränderungen der Resveratrolgehalte während der Reife wurden Trauben vom anstaltseigenen Versuchsgut Agneshof in Klosterneuburg verwendet.

### Chemische Analyse

Die Extraktion und Anreicherung der Resveratrolerivate erfolgte analog der von MATTIVI, 1993b entwickelten Festphasenextraktionsmethode an RP-C<sub>18</sub>-Säulchen (Fa. Varian, Part. Nr. 1211-3027) und ist detailliert bei VRHOVSEK et al., 1995 beschrieben.

Die chromatographische Trennung der Phenole erfolgte mit einer Waters HPLC (Fa. Waters Associates Inc., Miliford, MA, USA) mit einem automatischen Probengeber (WISP 712), einem Mehrwellenlängendetektor (Waters 490 E) sowie einem Waters 810 Baseline Datensammlungs- und Auswertesystem. Als Trennsäule wurde eine LiChrospher RP-C<sub>18</sub>-Säule (250 x 4 mm, 5 µm, Fa. Merck, Darmstadt, Deutschland) mit entsprechender Vorsäule (4 x 4 mm, 5 µm) verwendet. Ein

Laufmittelgradient, bestehend aus 1 mM Phosphorsäure und Methanol, wurde angewandt. Es erfolgte eine Probeneinspritzung von jeweils 25 µl mit je einer Wiederholung. Die Flussrate betrug 1,0 ml, und die UV-Detektion erfolgte bei einer Messwellenlänge von 310 nm.

Die Identifizierung und Quantifizierung von *trans*-Resveratrol und *trans*-Resveratrolglucosid (*trans*-Piceid) erfolgte mittels Standardreinstoffen. Das *cis*-Resveratrol bzw. *cis*-Resveratrolglucosid wurde aus der entsprechenden *trans*-Form durch 24-stündige UV-Bestrahlung ( $\lambda = 254$  nm) hergestellt. Für die Quantifizierung der *cis*-Formen wurde das Verhältnis der molaren Extinktionskoeffizienten von *trans:cis* = 3,87:1 herangezogen (VRHOVSEK et al., 1997).

### Ergebnisse und Diskussion

#### Resveratrolgehalte in Weinen verschiedener Sorten und Jahrgänge

Es wurden 440 Weine von 21 Rebsorten und sechs Lesejahrgängen (1993 bis 1998) hinsichtlich ihrer Gehalte an *cis*- und *trans*-Resveratrol sowie *cis*- und *trans*-Piceid untersucht. Die in Abbildung 2 zusammengefassten Ergebnisse der Gesamtresveratrolgehalte (pro Sorte jeweils Mittelwert, Mindest- und Maximalwert) lassen deutliche, sortenbedingte Unterschiede erkennen.

Eine Reihenfolge der zehn Weine mit den höchsten

Tabelle 1:

Rangordnung der Weine mit den höchsten Gesamtresveratrolgehalten

Rang	Sorte	Jahrgang	Herkunft	Gesamtgehalt an Resveratrol (mg/l)
1	Spätburgunder	1998	Klosterneuburg	17,7
2	Spätburgunder	1998	Klosterneuburg	16,0
3	Spätburgunder	1998	Klosterneuburg	15,1
4	Spätburgunder	1998	Klosterneuburg	14,9
5	St. Laurent	1995	Tattendorf	14,5
6	Blaufränkisch	1998	Klosterneuburg	14,1
7	Blaufränkisch	1995	Pöttelsdorf	13,4
8	Zweigelt	1997	Neckenmarkt	12,3
9	Spätburgunder	1998	Klosterneuburg	12,2
10	Blauburger	1995	Klosterneuburg	12,0

Durchschnittlicher Gehalt der vier Resveratrollderivate in sortenreinen Weinen

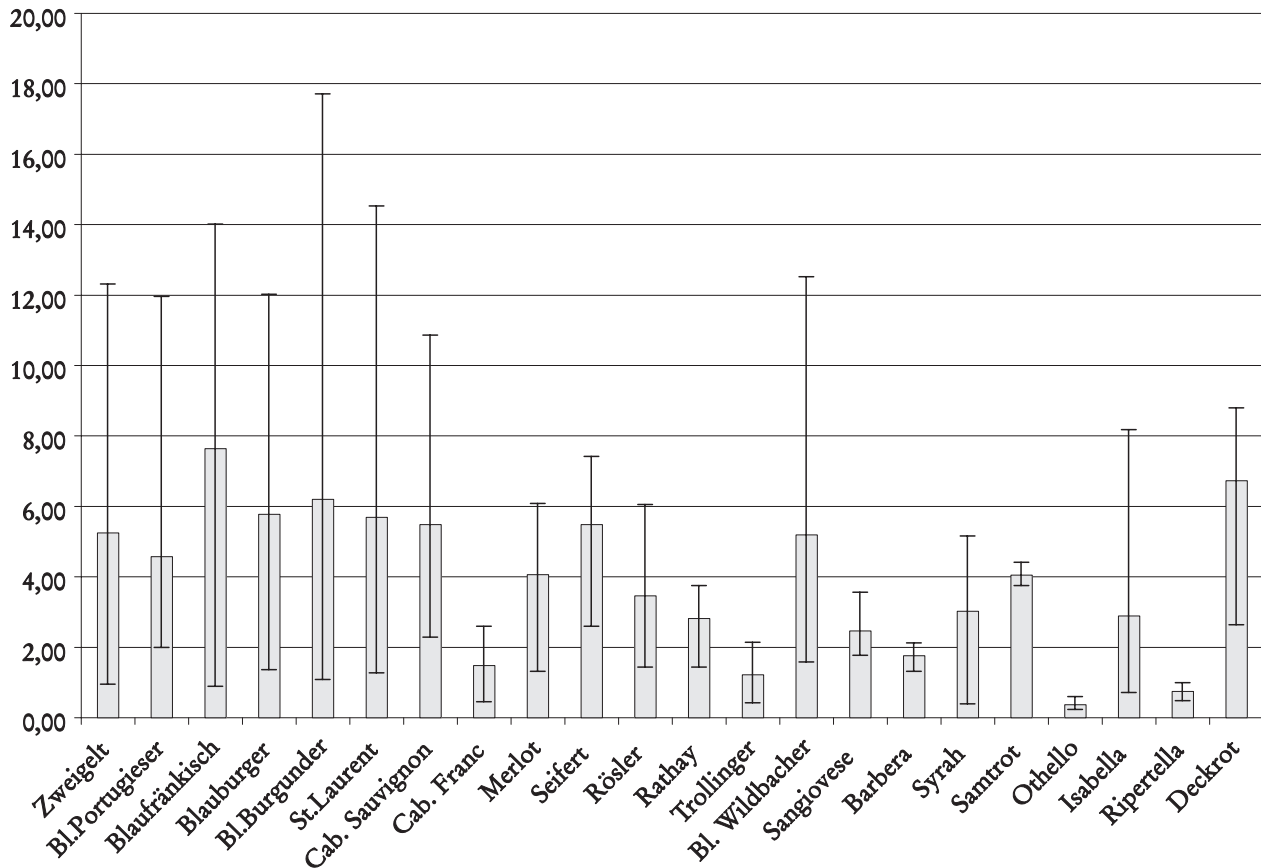


Abb. 2: Gesamtresveratrolgehalte (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) in sortenreinen österreichischen Rotweinen (Untersuchungszeitraum 1993 bis 1998)

Gesamtresveratrolgehalten wird in Tabelle 1 gegeben. Besonders auffällig ist, dass die ersten vier Plätze von Weinen der Rebsorte 'Blauburgunder' des Jahrganges 1998 aus Klosterneuburg (Donauland) eingenommen werden. Augenscheinlich waren hier die Witterungsverhältnisse dieses Jahres für die Resveratrolsynthese bei der Sorte 'Blauburgunder' besonders förderlich. Diese Ergebnisse bestätigen die Feststellung von JEANDET et al., 1993 bzw. ECTOR et al., 1996, wonach insbesondere Weine der 'Burgunder'-Rebsorten hohe Gehalte an Resveratrolderivaten aufweisen. Nach einem Wein der Sorte 'Sankt Laurent' auf Platz fünf folgen zwei Weine der Rebsorte 'Blaufränkisch'. Wie sich anhand der graphisch dargestellten Gesamtmittelwerte gut erkennen lässt, weisen Weine der Sorte 'Blaufränkisch' üblicherweise sehr hohe Resveratrolgehalte auf.

Die Reihenfolge der durchschnittlichen Gesamtresveratrolgehalte in Abhängigkeit von der Rebsorte kann aus Tabelle 2 abgelesen werden ("Top Ten"). Da die Untersuchungen über einen Zeitraum von sechs Jahren und mit einer Vielzahl von Weinen aus verschiedenen österreichischen Weinbaugebieten durchgeführt wurden, kann von einer guten Absicherung der Daten gesprochen werden. Ein Vergleich der Mittelwerte zeigt auch, dass das Resveratrolbildungsvermögen der in Österreich üblichen Rotweinsorten keine dramatischen Unterschiede aufweist. Eher niedrige Gehalte hingegen weisen Weine von Rebsorten auf, welche hauptsächlich in südlicheren Weinbaugebieten angebaut werden ('Cabernet franc':  $x = 1,3$  mg/l, 'Syrah':  $x = 3,0$  mg/l, 'Barbera':  $x = 1,2$  mg/l und 'Sangiovese':  $x = 2,4$  mg/l). Möglicherweise hängt dies damit zusammen, dass der

Tabelle 2:

Rangordnung der Rebsorten hinsichtlich der Mittelwerte der Gesamtresveratrolgehalte in den untersuchten Weinen

Rang	Sorte	Durchschnittlicher Gesamtgehalt an Resveratrol (Mittelwert in mg/l)
1	Blaufränkisch	7,6
2	Deckrot	6,7
3	Blauburgunder	6,2
4	Blauburger	5,8
5	St. <i>Laurent</i>	5,7
6	Cabernet <i>Sauvignon</i>	5,5
6	Seifert	5,5
8	Zweigelt	5,3
9	Blauer Wildbacher	5,2
10	Blauer Portugieser	4,6

überwiegend beprobte Standort in Klosterneuburg für diese wärmeliebenden Sorten nicht gut geeignet war. Auffällig geringe Resveratrolkonzentrationen wurden auch in den Direktträgersorten nachgewiesen ('Isabella':  $x = 2,9$  mg/l, 'Ripertella':  $x = 0,8$  mg/l und 'Othello':  $x = 0,4$  mg/l). Von den teilweise pilzresistenten Klosterneuburger Neuzüchtungen konnten auf Grund der bisher sehr geringen Verbreitung nur jeweils fünf Weine untersucht werden. Anhand der vorläufigen Ergebnisse weisen die Rebsorte 'Seifert' ( $x = 5,5$  mg/l) ein relativ hohes und die Rebsorten 'Ráthay' ( $x = 1,8$  mg/l) und 'Roesler' ( $x = 1,7$  mg/l) ein geringes Resveratrolsynthesevermögen auf. Augenscheinlich besteht bei den Direktträgersorten und den teilweise pilzresistenten Neuzüchtungen ein inverser Zusammenhang zwischen Pilzresistenz und Resveratrolkonzentration in den Beeren. Es ist vorstellbar, dass von der Rebe für die Pilzabwehr zusätzlich andere Mechanismen eingesetzt werden, sodass die Synthese der Abwehrsubstanz Resveratrol nicht in dem Ausmaß wie bei anderen Sorten notwendig ist.

Einfluss des Lesejahrganges auf Gesamtgehalt an Resveratrolen  
(Abweichungen des Jahrgangsmittelwertes vom Gesamtmittelwert)

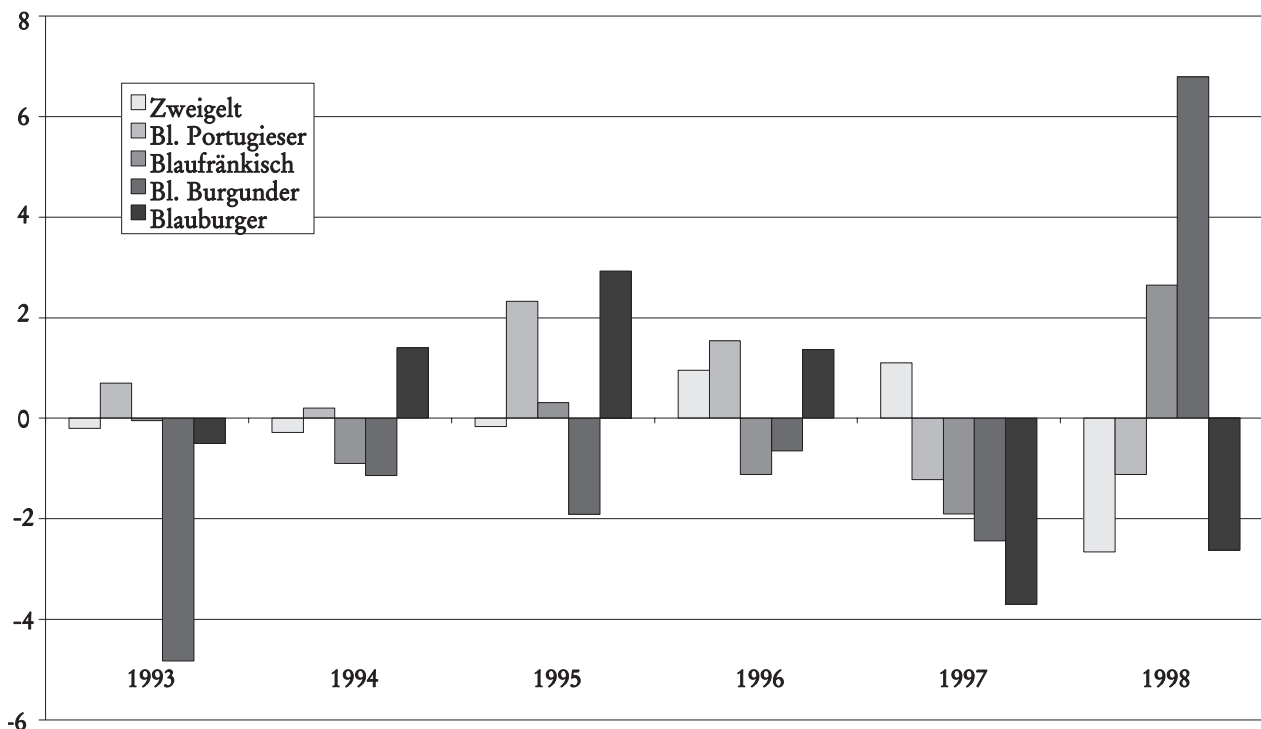


Abb. 3: Abweichungen der jährlichen Resveratrolgehalte vom Gesamtmittelwert in Weinen der Rebsorten 'Zweigelt', 'Blauer Portugieser', 'Blaufränkisch', 'Blauburgunder' und 'Blauburger' im Verlauf von sechs Lesejahrgängen



## Einfluss des Lesejahrganges auf die Gesamtresveratrolgehalte

Die in Abbildung 2 dargestellten Minimal- und Maximalwerte zeigen, dass die Gesamtresveratrolgehalte der Weinproben sehr große Unterschiede und dementsprechend große Spannweiten aufweisen. Mit dem Ziel, die Ursachen für diese große Variabilität der Resveratrolkonzentrationen herauszufinden, wurden Weine von fünf wichtigen heimischen Rebsorten ('Zweigelt', 'Blauer Portugieser', 'Blaufränkisch', 'Blauburgunder' und 'Blauburger') nach Jahrgängen getrennt ausgewertet. Die jahrgangsbedingten Abweichungen der Resveratrolgehalte vom Gesamtresveratrolmittelwert sind in Abbildung 3 dargestellt.

Tendenziell ist feststellbar, dass Weine der Jahrgänge 1993, 1994 und insbesondere 1997 unterdurchschnittlich niedrige und Proben der Jahrgänge 1995, 1996 und 1998 überdurchschnittlich hohe Resveratrolgehalte aufweisen. Der Witterungsverlauf der Jahrgänge 1993 und 1997 war warm und trocken, während die Jahrgänge 1996 und 1998 etwas feuchter und kühler waren. Die Abweichungen bei den einzelnen Rebsorten lassen jedoch keinen einheitlichen Verlauf erkennen, was die Vermutung nahe legt, dass die Rebsorten mit ihrer Resveratrolsynthese unterschiedlich auf den gegebenen Witterungsverlauf bzw. den Pilzinfektionsdruck (*Botrytis cinerea*) reagieren. Beispielsweise verlaufen die Resveratrolgehalte der eher farbschwachen und dünnchaligen Sorten 'Blaufränkisch' und 'Blauburgunder' zumeist parallel, während auf der anderen Seite die farbtensiven und dickschaligen Sorten 'Zweigelt' und 'Blauburger' eine gute Übereinstimmung aufweisen. Ob dieser Zusammenhang zwischen Anthocyanengehalt (Farbe), Schalendicke und Resveratrolgehalt wirklich besteht, sollte in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden.

## Einfluss des Lesezeitpunktes auf Gehalt und Verteilung der Resveratrole

Während des Jahres 1998 wurden zu vier Terminen gesunde Trauben von Rebstöcken der Sorten 'Zweigelt', 'Blaufränkisch', 'Blauburgunder' und 'Cabernet Sauvignon' entnommen und die Resveratrole unter standardisierten Bedingungen extrahiert und analysiert. Die Ergebnisse sind getrennt nach den einzelnen Resveratrolformen in Abbildung 4 dargestellt. Bei keiner der vier untersuchten Rebsorten ist eine kontinuierliche Zunahme der Gesamtresveratrolgehalte feststellbar. Le-

diglich bei der Sorte 'Cabernet Sauvignon' wurde der höchste Resveratrolgehalt beim letzten Beprobungstermin (5. Oktober) analysiert. Am frühesten durchlief die Sorte 'Zweigelt' (9. September) ihr Resveratrolmaximum, gefolgt von den Sorten 'Blauburgunder' (16. September) und 'Blaufränkisch' (29. September). Die bemerkenswerten Schwankungen der Gesamtresveratrolgehalte könnten aber auch auf unvermeidbare individuelle Unterschiede zwischen den beprobten Beeren zurückzuführen sein.

Hinsichtlich der Resveratrolzusammensetzung lagen in allen vier Sorten zu allen vier Leseterminen hauptsächlich Piceide vor. In der Regel war der Gehalt an *cis*-Piceid deutlich höher als der an *trans*-Piceid. Der Anteil der freien Resveratrole am Gesamtresveratrolgehalt war in allen Fällen gering (20 %), wobei mit wenigen Ausnahmen nur die *trans*-Form nachgewiesen werden konnte. Lediglich in Trauben der Sorte 'Blauburgunder' und beim frühen Lesetermin in Trauben der Sorte 'Zweigelt' konnte auch *cis*-Resveratrol analysiert werden. Diese Ergebnisse sind in guter Übereinstimmung mit der Feststellung von MATTIVI, 1993a, wonach die Resveratrole größtenteils erst im Zuge der Gärung freigesetzt werden.

## Piceid:Resveratrol-Verhältnis in Weinen verschiedener Sorten und Jahrgänge

Aufbauend auf das Wissen (EDER et al., 2000), dass die Resveratrole in Trauben überwiegend in der glucosidisch gebundenen Form als Piceide vorliegen und dass erst durch enzymatische und hydrolytische Vorgänge während der Weinbereitung, insbesondere während der alkoholischen Gärung und des biologischen Säureabbaues die Resveratrolglyka freigesetzt werden, war es von Interesse, das Piceid:Resveratrol-Verhältnis in fertigen Rotweinen zu messen. In Abbildung 5 sind die Mittelwerte des Piceid:Resveratrol-Quotienten sowie die jeweiligen Minimal- und Maximalwerte nach Rebsorten getrennt dargestellt.

Es ist augenscheinlich, dass die Spannweite des Piceid:Resveratrol-Quotienten sehr groß und bei vielen Sorten ein Vielfaches des Mittelwertes ist. Insbesondere bei den Rebsorten 'Blauer Portugieser', 'Blauburgunder', 'Ráthay' und 'Ripertella' weist der Quotient eine sehr große Variabilität auf. Extreme Werte des Piceid:Resveratrol-Quotienten weisen die Direktträgersorten auf. Einerseits hat die Sorte 'Ripertella' mit 4,5 den höchsten, und andererseits die Sorte 'Othello' mit 0,1 den geringsten Mittelwert. Anhand des ermittelten Pi-

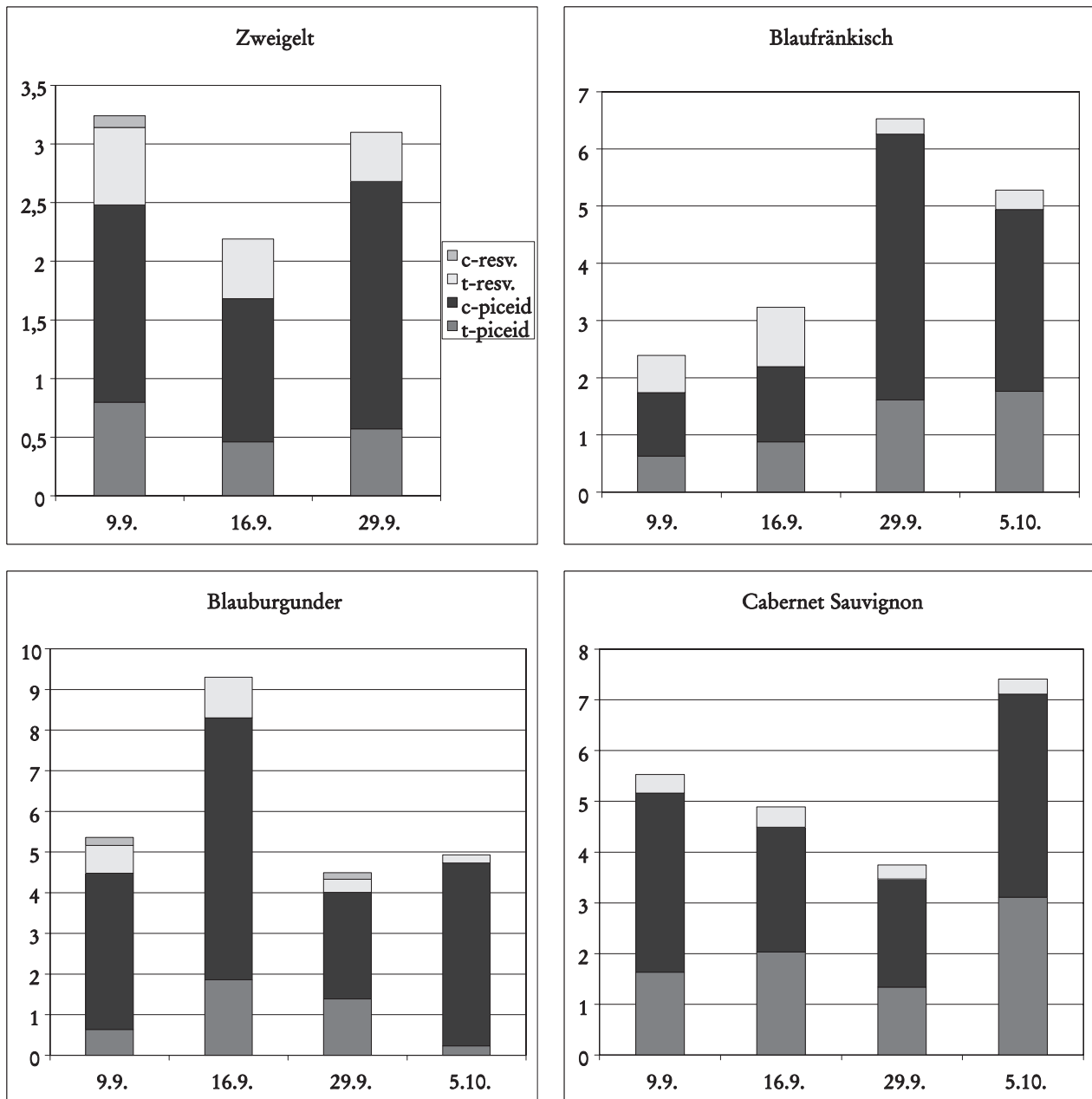


Abb. 4: Einfluss des Lesetermins auf Gehalte einzelner Resveratrole bei verschiedenen Rebsorten (Lesejahrgang 1998)

ceid:Resveratrol-Verhältnisse wurden die Rebsorten in drei Gruppen (Tab. 3) eingeteilt.

Auch wenn diese Einteilung möglicherweise nur ein zufälliges Produkt der Verarbeitungstechnologie ist, so sind doch überzeugend viele eng verwandte Sorten in den Gruppen zusammengefasst.

Beispielsweise entstammt die Sorte 'Blauburger' einer Kreuzung aus 'Blauer Portugieser' und 'Blaufränkisch', und andererseits die Sorte 'Zweigelt' einer Kreuzung aus 'Sankt Laurent' und 'Blaufränkisch'. Auch die drei Klosterneuburger Neuzüchtungen 'Ráthay', 'Seifert' und 'Roesler', die aus ähnlichen Vorfahren ge-

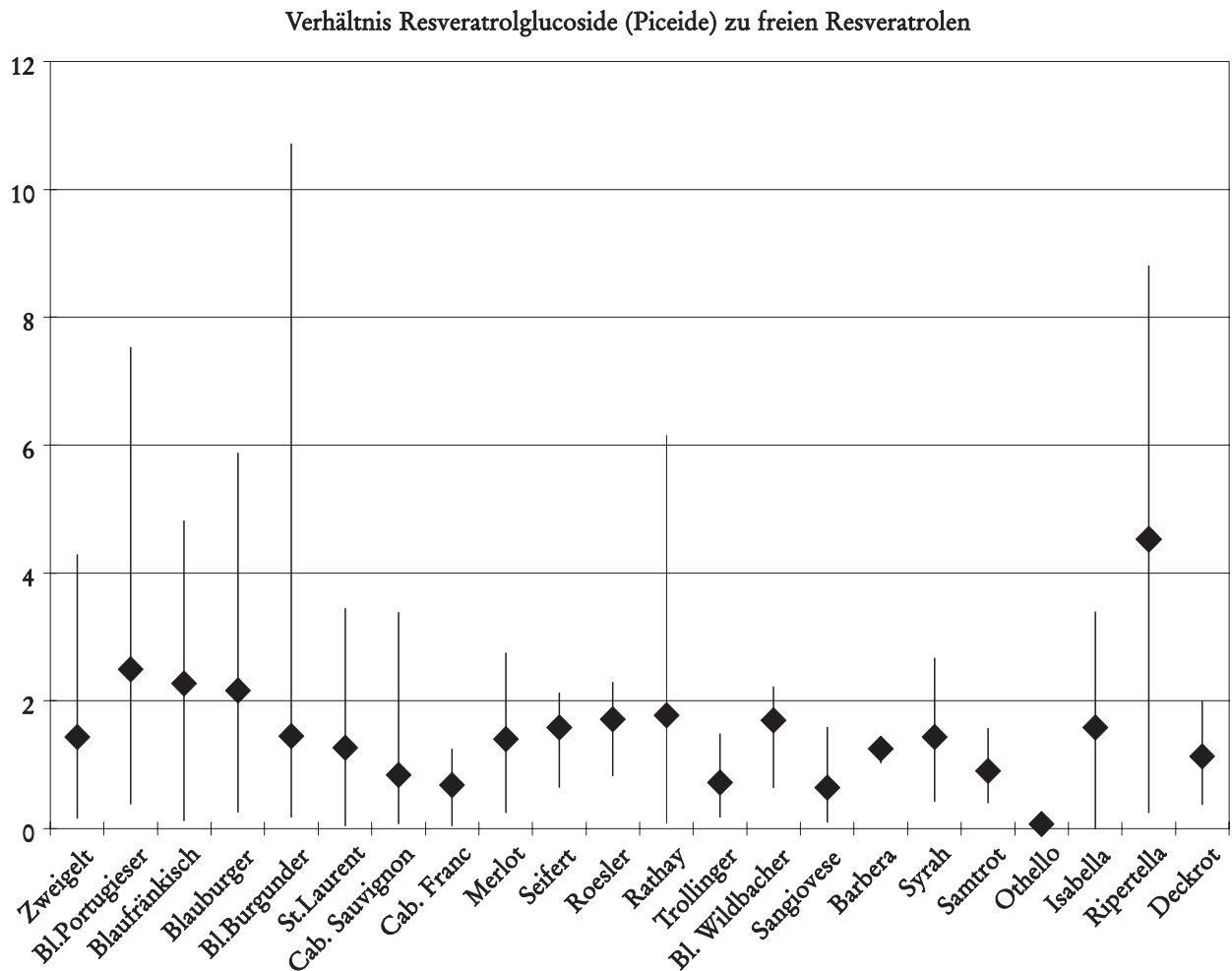


Abb. 5: Piceid:Resveratrol-Verhältnis (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) in sortenreinen österreichischen Rotweinen (Untersuchungszeitraum 1993 bis 1998)

züchtet wurden, weisen beinahe idente Piceid:Resveratrol-Verhältnisse auf. Die dem 'Blauburgunder' auf Grund ihrer Anthocyanzusammensetzung näher stehenden Rebsorten 'Deckrot' und 'Samtrot' haben ebenfalls beinahe den gleichen Piceid:Resveratrol-Quotienten. Schließlich weisen auch die beiden verwandten Bordelaiser Rotweinsorten 'Cabernet Sauvignon' und 'Cabernet Franc' nur einen sehr geringen Unterschied auf.

### Einfluss des Lesejahrganges auf den Piceid:Resveratrol-Quotienten

Um die Ursachen der Schwankungen des Piceid:Resveratrol-Quotienten zu klären, wurde diese Kennzahl

für fünf wichtige heimische Rebsorten nach Jahrgängen getrennt ausgewertet. Die in Abbildung 6 für jeden Jahrgang gesondert dargestellten Piceid:Resveratrol-Quotienten zeigen für alle Sorten einen ziemlich einheitlichen Verlauf. Bei allen fünf Sorten ist der Mittelwert des Piceid:Resveratrol-Quotienten in den Jahren 1995 und 1998 etwas höher, während er in den Jahren 1994 und 1996 etwas niedriger als üblich liegt. Die einzelnen Sorten zeigen eine unterschiedliche Variabilität des Piceid:Resveratrol-Verhältnisses. Insbesondere die Sorten 'Blauer Portugieser' und 'Blauburger' weisen große jahrgangsbedingte Unterschiede auf. Bei der Sorte 'Blaufränkisch' ist der Quotient während der ersten vier Untersuchungsjahre recht einheitlich

Tabelle 3:  
Einteilung der Rebsorten in Gruppen mit ähnlichem Piceid:Resveratrol-Quotienten

Piceid:Resveratrol-Quotient	Rebsorten
größer 2	Ripertella, Blauer Portugieser, Blaufränkisch, Blauburger
1 bis 2	Zweigelt, Sankt Laurent, Merlot, Blauburgunder, Blauer Wildbacher, Seifert, Rösler, Rathay, Samtrot, Barbera, Syrah, Isabella
kleiner 1	Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Trollinger, Sangiovese, Othello

bei ca. 1, während er aber in den Jahren 1997 und 1998 auf Werte von 2,1 bzw. 3,4 ansteigt. Bei den Sorten 'Blauburgunder' und 'Zweigelt' weist der Piceid:Resveratrol-Quotient nur geringfügigere Schwankungen auf.

**Verhältnis von *trans*-Resveratrolen zu *cis*-Resveratrolen in Weinen verschiedener Sorten und Jahrgänge**

Unseres Wissens wurde bisher nur für das *trans*-Resveratrol eine positive gesundheitsfördernde Wirkung im Rahmen von *in vitro*- und *in vivo*-Versuchen nachgewiesen, während die anderen Resveratrolformen nicht überprüft wurden (JANIN et al., 2000). Es kann angenommen werden, dass im Zuge der Verdauung die Glucose von dem *trans*-Piceid abgespalten wird und somit eine gleiche Wirkung wie die des *trans*-Resveratrols gegeben ist. Ob hingegen das *cis*-Resveratrol

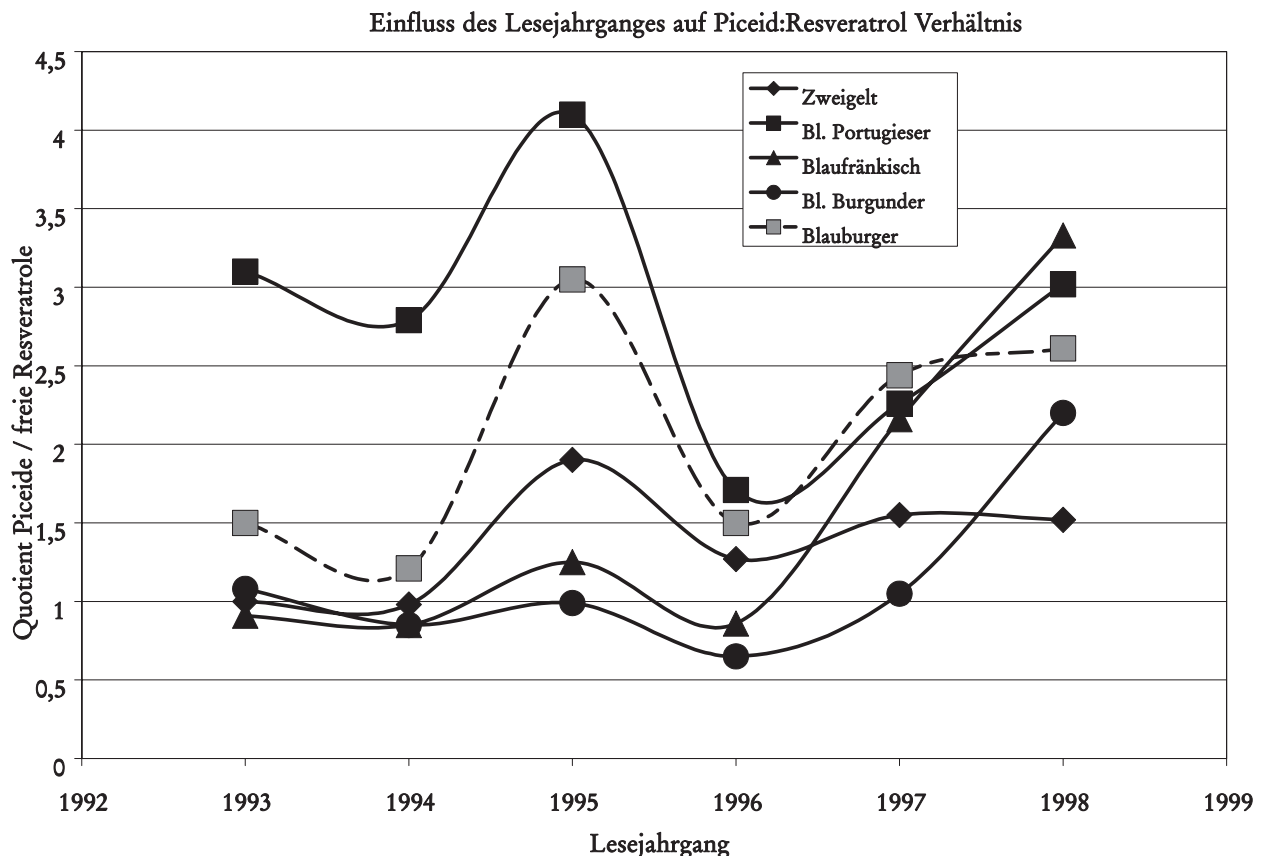


Abb. 6: Einfluss des Lesejahrganges auf das Piceid:Resveratrol-Verhältnis in Weinen der Rebsorten 'Zweigelt', 'Blauer Portugieser', 'Blaufränkisch', 'Blauburgunder' und 'Blauburger'

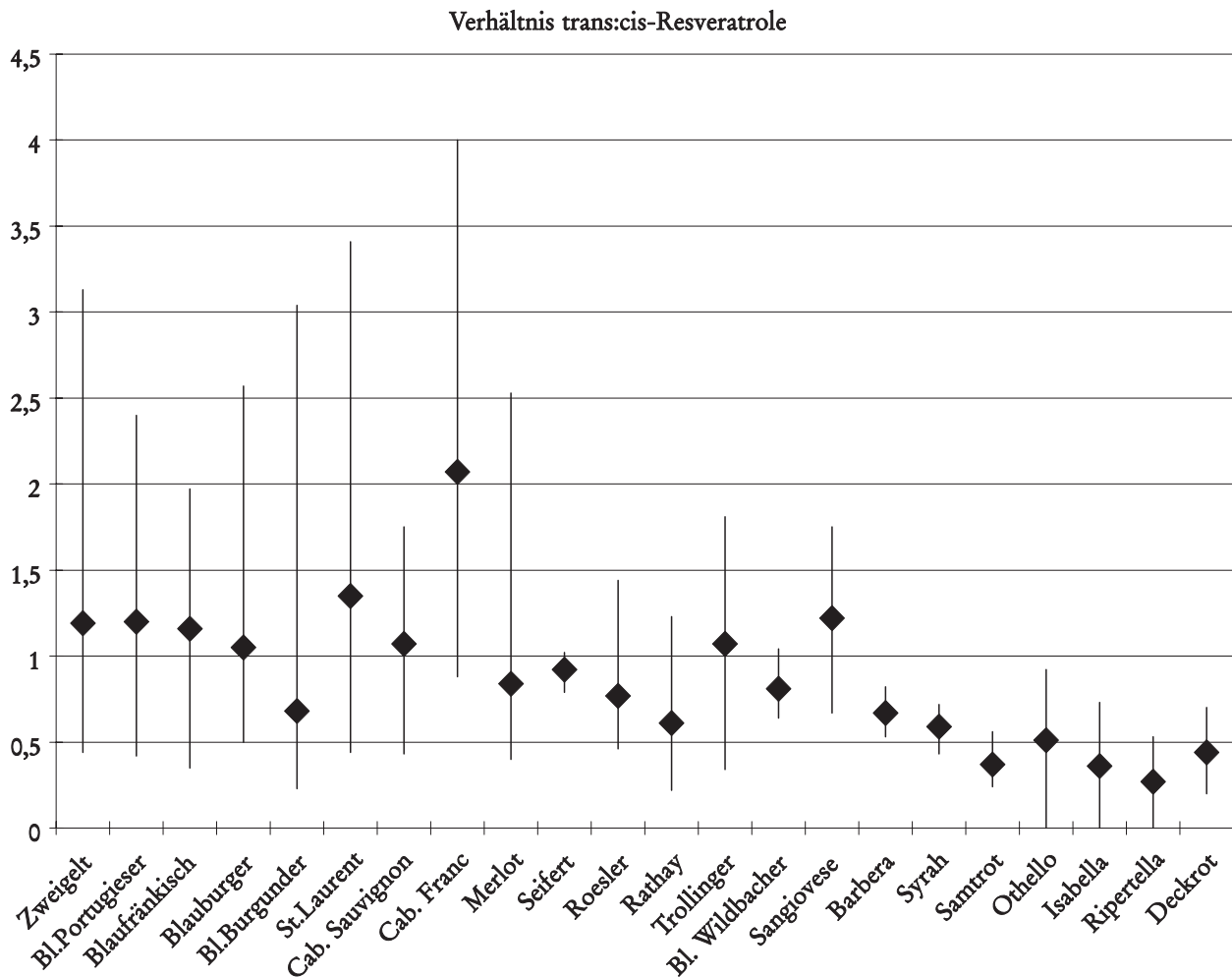


Abb. 7: *trans*:*cis*-Resveratrol-Verhältnis (Mittelwert, Maximal- und Minimalwert) in sortenreinen österreichischen Rotweinen (Untersuchungszeitraum 1993 bis 1998)

bzw. das *cis*-Piceid analoge positive Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit aufweisen oder ob eine Isomerisierung während der Verstoffwechslung stattfindet, ist uns nicht bekannt. Aus ernährungsphysiologischer Sicht sollten daher Weine mit einem hohen Anteil an *trans*-Resveratrolformen gegenüber Weinen mit hohem *cis*-Anteil bevorzugt werden.

In Abbildung 7 sind die Gesamtmittelwerte sowie die Spannweiten des *trans*-Resveratrol:*cis*-Resveratrol-Verhältnisses in den verschiedenen Rotweinen dargestellt. Die anbaumäßig bedeutendsten heimischen Rebsorten haben geringfügig höhere Gehalte an *trans*-Resveratrolen als an *cis*-Resveratrolen und weisen somit ein *trans*:*cis*-Verhältnis von 1 bis 1,5 auf. Auffällig sind

Weine der Sorte 'Cabernet Franc', welche einen sehr hohen *trans*-Resveratrolanteil aufweisen, wodurch der *trans*/*cis*-Quotient auf über 2 ansteigt. In den Weinen der drei Klosterneuburger Neuzüchtungen 'Seifert', 'Roesler' und 'Ráthay' sowie der Sorten 'Merlot', 'Blauburgunder', 'Barbera' und 'Syrah' überwiegen die *cis*-Resveratrolformen gegenüber den *trans*-Resveratrolformen, der *trans*:*cis*-Quotient liegt in einem Bereich von 0,5 bis 1. Ein noch stärkerer Überhang an *cis*-Resveratrolen besteht in Weinen der Direktträgersorten 'Othello', 'Isabella' und 'Ripertella' sowie in den Sorten 'Samtrot' und 'Deckrot', sodass deren *trans*:*cis*-Quotient 0,5 ist.

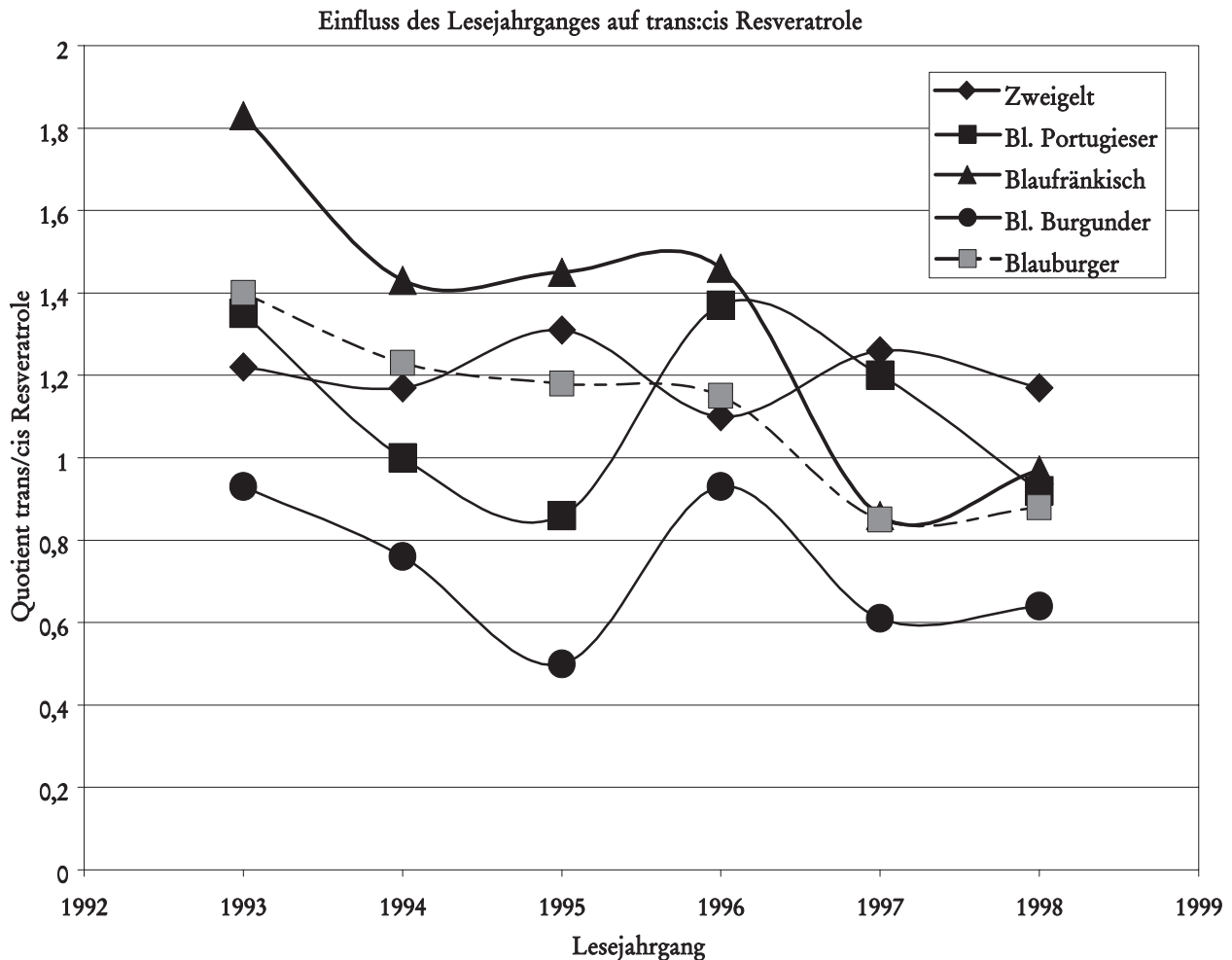


Abb. 8: Einfluss des Lesejahrganges auf das Verhältnis von *trans*-Resveratrolen zu *cis*-Resveratrolen in Weinen der Rebsorten 'Zweigelt', 'Blauer Portugieser', 'Blaufränkisch', 'Blauburgunder' und 'Blauburger'.

### Einfluss des Lesejahrganges auf das Verhältnis von *trans*-Resveratrolen zu *cis*-Resveratrolen

In Abbildung 8 sind die jahrgangsbedingten Schwankungen des *trans:cis*-Quotienten dargestellt. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Variabilität dieser Kenngröße kleiner ist als jene des Piceid:Resveratrol-Verhältnisses.

Dies gilt insbesondere für die *trans:cis*-Quotienten bei der Sorte 'Zweigelt', welche im Verlauf von sechs Jahren nur um 0,2 Einheiten variieren. Auch bei den Sorten 'Blauburgunder' (0,4 Einheiten), 'Blauer Portugieser' (0,5 Einheiten) und 'Blauburger' (0,5 Einheiten)

halten sich die Abweichungen des *trans:cis*-Quotienten in Grenzen. Lediglich bei der Sorte 'Blaufränkisch' sind starke Veränderungen dieses Parameters in Abhängigkeit vom Lesejahrgang feststellbar. Weiters kann aus der Graphik herausgelesen werden, dass tendenziell in Weinen der Jahrgänge 1993 und 1996 der Anteil an *trans*-Resveratrolen höher ist als in Weinen der anderen Lesejahrgänge, insbesondere des Jahrganges 1995.

Nach derzeitigem Wissensstand ist das Verhältnis von *trans*- zu *cis*-Resveratrolen von mehreren Faktoren, wie beispielsweise Sonneneinstrahlung während der Traubenreife, aber auch Lichteinfluss während der chemischen Analyse, abhängig. Die Ergebnisse dieser Un-

tersuchung zeigen, dass zusätzlich sortenbedingte Unterschiede bestehen.

Insbesondere die Auswirkungen verschiedener weinbaulicher Maßnahmen (Laubarbeit, Erziehung), von Botrytisbefall und Rotweinbereitungsverfahren auf Gehalte und anteilmäßige Verteilung der verschiedenen Resveratrole in Trauben und Weinen sind von großem Interesse für die Weinwirtschaft und sollen in weiterführenden Studien untersucht werden.

## Literatur

- ECTOR, B.J., MAGEE, J.B., HEGWOOD, C.P. and COOIGN, M.J. 1996: Resveratrol concentration in Muscadine berries, juice, pomace, purees, seeds and wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 47(1): 57-62
- EDER, R., WENDELIN, S. und VRHOVSEK, U. 1998: Weinbauliche, technologische und mikrobiologische Einflüsse auf die Resveratrolgehalte in Trauben und Weinen. 5. Int. Symposium "Innovationen in der Kellerwirtschaft". 11.-12. 5. 1998. - Stuttgart, S. 306-317
- EDER, R., WENDELIN, S. und VRHOVSEK, U. 2000: Influence of viticultural and enological factors on the concentration of resveratrols in grapes and wines. XXV<sup>ème</sup> Congrès mondial de la vigne et du vin. Paris 19.-23. Juni 2000. *Vin et Santé*, p. 79-86
- GOLDBERG, D.M., YAN, J., NG, E., DIAMANDIS, E.P., KARUMANCHIRI, A., SOLEAS, G. and WATERHOUSE, A.L. 1995: A global survey of trans-resveratrol concentrations in commercial wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 46(2): 159-164
- HAIN, R., REIF, H.-J., KRANSE, E., LANGEBAEDEL, R., KINDL, H., B., WIESE, W., SCHMELZER, E., SCHREIER, P.H., STÖCKER, R.H. and STENZEL, K. 1993: Disease resistance results from foreign phytoalexin expression in a novel plant. *Nature* (361): 153-156
- JANIN, B., DELMAS, D., CHERKAOUI Malki, M. and LATRUFFE, N. 2000: Studies of action mechanism of resveratrol, a polyphenol of wine, on cell proliferation. XXV<sup>ème</sup> Congrès mondial de la vigne et du vin. Paris 19.-23. Juni 2000. *Vin et Santé*, p. 131-138
- JEANDET, P., SBAGHI, M. and BESSIS, R. 1992: The production of resveratrol (3,5,4'-trihydroxystilbene) by grapevine in vitro cultures, and its application to screening for grey mould resistance. *J. Wine Research* 3(1): 47-57
- JEANDET, P., BESSIS, R., MAUME, B.F. and SBAGHI, M. 1993: Analysis of resveratrol in Burgundy wines. *J. Wine Research* 4(2): 79-85
- JEANDET, P., BESSIS, R., SBAGHI, M. and MEUNIER, P. 1994: Occurrence of resveratrol  $\beta$ -D-glucoside in wine. Preliminary studies. *Vitis* 22: 183-184
- JEANDET, P., BESSIS, R., MAUME, B.F., MEUNIER, P., PEYRON, D. and TROLLAT, P. 1995a: Effect of enological practices on the resveratrol isomer content of wine. *J. Agric. Food Chem.* 43: 316-319
- JEANDET, P., BESSIS, R., SBAGHI, M., MEUNIER, P. and TROLLAT, P. 1995b: Resveratrol content of wines of different ages: Relationship with fungal disease pressure in the vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.* 46(1): 1-4
- JEANDET, P., SBAGHI, M., BESSIS, R. and MEUNIER, P. 1995c: The potential relationship of stilbene (resveratrol) synthesis to anthocyanin content in berry skins. *Vitis* 34(2): 91-94
- KANNER, J., FRANKEL, E.N., GRANIT, R., GERMAN, J.B. and KINSELLA, J.E. 1994: Natural antioxidants in grapes and wines. *J. Agric. Food Chem.* 42: 64-69
- LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. and WATERHOUSE, A.L. 1993: Occurrence of resveratrol in selected California wines by a new HPLC-method. *J. Agric. Food Chem.* 41(4): 521-523
- LAMUELA-RAVENTÓS, R.M., ROMERO-PÉREZ, A.I., WATERHOUSE, A.L. and DE LA TORRE-BORONAT, M.C. 1995: Direct HPLC analysis of cis- and trans-resveratrol and piceid isomers in Spanish red *Vitis vinifera* wines. *J. Agric. Food Chem.* 43: 281-283
- LANDCAKE, P. and PRYCE, R.J. 1976: The production of resveratrol by *Vitis vinifera* and other members of the *Vitaceae* as a response to infection or injury. *Physiol. Plant Pathol.* 9: 77-86
- LANDCAKE, P. and PRYCE, R.J. 1977: The production of resveratrol and the viniferins by grapevines in response to ultraviolet irradiation. *Phytochemistry* 16: 1193-1196
- MATTIVI, F. 1993a: Il contenuto di resveratrolo nei vini rossi e rosati trentini del commercio. *Riv. Vitic. Enol.* 46(1): 37-45
- MATTIVI, F. 1993b: Solid phase extraction of trans-resveratrol from wines for HPLC analysis. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 196: 522-525
- MATTIVI, F. e NICOLINI, G. 1993: Influenza della tecnica di vinificazione sul contenuto di resveratrolo dei vini. *L. Enotecnico* 29(4): 81-88
- McMURTRY, K.D., MINN, J., POBANZ, K., SCHULTZ, T.P. 1994: Analysis of wines for resveratrol using direct injection high-pressure liquid chromatography with electrochemical detection. *J. Agric. Food Chem.* 42: 2077-2080
- PEZET, R., PONT, V. and CUENAT, P. 1994: Method to determine resveratrol and pterostilbene in grape berries and wines using high-performance liquid chromatography and highly sensitive fluorimetric detection. *J. Chromatogr. A*, (663): 191-197
- RENAUD, S. and DE LOREGIL, M. 1992: Wine, alcohol, platelets and the French paradox for coronary heart disease. *Lancet* (339): 1523-1526
- ROGGERO, J.-P. et ARCHIER, P. 1994: Dosage du resvératrol et de l'un de ses glycosides dans les vins. *Sci. Aliments.* 14: 99-107
- ROMERO-PÉREZ, A.I., LAMUELA-RAVENTÓS, R.M., WATERHOUSE, A.L. and DE LA TORRE-BORONAT, M.C. 1996: Levels of cis- and trans-resveratrol and their glucosides in white and rosé *Vitis vinifera* wines from Spain. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2124-2128
- SIEMANN, E.H. and CREASY, L.L. 1992: Concentration of the phytoalexin resveratrol in wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 43(1): 49-52
- VRHOVSEK, U., EDER, R. and WENDELIN, S. 1995: The occurrence of trans-resveratrol in Slovenian red and white wines. *Acta Alimentaria* 24(2): 204-212
- VRHOVSEK, U., WENDELIN, S. and EDER, R. 1996: Groupe Polyphenols Bull. Liaison 2:339-340
- VRHOVSEK, U., WENDELIN, S. and EDER, R. 1997: Effects 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
- WATERHOUSE, A.L. and LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. 1994: The occurrence of piceid, a stilbene glucoside, in grape berries. *Phytochemistry* 37(2): 571-573

Manuskript eingelangt am 23. Oktober 2000