

Aus dem Fachgebiet Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim

**Der Einfluss ausgewählter oenologischer Verfahren auf die
Polyphenolgehalte und die sensorische Weinqualität bei den
Rebsorten *Vitis vinifera* Riesling, Spätburgunder und
Cabernet Franc**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Doktorgrades *Dr. oec. troph.*
im Fachbereich 09 Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Dipl. Oen. Robert Könitz

aus Mainz am Rhein

Gießen 2012

Für meine Frau Kerstin

Prüfungskommission

Vorsitzende: Prof. Dr. Dr. Annette Otte

1. Gutachter: Prof. Dr. Rainer Jung

2. Gutachterin: Prof. Dr. Sylvia Schnell

1. Prüfer: Prof. Dr. B. Honermeier

2. Prüfer: Prof. Dr. C. Kunz

Tag der mündlichen Prüfung: 29.11.2012

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

Alle im Ergebnisteil dargestellten Tabellen und Abbildungen basieren auf meinen im Rahmen des FEI/AiF-Projektes entstandenen Veröffentlichungen (s. auch Kap. 9: Eigene Publikationen) und wurden in Absprache mit allen Koautoren in angepasster oder unveränderter Form für dieses Promotionsarbeit verwendet.

Mainz, 18. April 2012

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Robert Könitz', written in a cursive style.

Robert Könitz

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	XIII
Vorbemerkung	XVI
1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Problemstellung	2
1.3 Zielsetzung und Arbeitshypothese	3
2 Polyphenole im Wein	4
2.1 Biosynthese der Polyphenole.....	4
2.2 Veränderungen der Polyphenolgehalte in Abhängigkeit von Jahrgang, Reife und Rebsorte.....	5
2.3 Allgemeine Klassifizierung der Polyphenole	7
2.4 Vorkommen und sensorische Eigenschaften der wichtigsten Polyphenole	8
2.4.1 Gerbigkeit, Adstringens und Bitterkeit der Polyphenole	8
2.4.2 Flavan-3-ole	8
2.4.3 Phenolcarbonsäuren	11
2.4.4 Tyrosol	13
2.4.5 Anthocyane	15
2.5 Oxidation der Polyphenole und ihre Bedeutung für die sensorische Weinqualität	18
2.6 Reaktionen der Anthocyane und ihre Bedeutung für die Rotweinfarbe.....	23
2.7 Reaktionen der schwefligen Säure (SO ₂) im Wein.....	25
2.8 Einfluss verschiedener Vinifikationsverfahren auf die Polyphenolgehalte und die sensorische Qualität	26
2.8.1 Mechanische Entrappung von Trauben.....	26
2.8.2 Verfahren der Mostvorklärung.....	27
2.8.3 Verfahren der Rotweinvinifikation.....	29
2.8.3.1 Maischegärung	29
2.8.3.2 Maischeerhitzung	30
2.8.3.3 Kombination aus Maischeerhitzung und Maischegärung	32

3 Material und Methoden	33
3.1 Klimaverhältnisse in den Versuchsjahrgängen 2000 und 2001.....	33
3.2 Versuchswinausbau für Weißwein.....	37
3.2.1 Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappungsvorgang	37
3.2.2 Verfahren der Mostvorklämung.....	38
3.3 Versuchswinausbau für Rotwein	40
3.3.1 Maischegärung	41
3.3.2 Maischeerhitzung.....	42
3.3.3 Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung.....	42
3.4 Analysenmethoden.....	42
3.4.1 Allgemeine weinanalytische Parameter.....	42
3.4.2 Bestimmung der Trubgehalte in den Versuchsmosten.....	43
3.4.2.1 Sedimentationstrub.....	43
3.4.2.2 Schleudertrub/Resttrub	43
3.4.3 Farbmessung.....	43
3.4.4 Nasschemische Analysenmethoden zur Bestimmung der polyphenolischen Weinhaltsstoffe und der Antioxidativen Kapazität	43
3.4.4.1 Aussagekraft der Bestimmungsmethode nach <i>Folin-Ciocalteu</i>	43
3.4.4.2 Gesamtpolyphenolgehalt nach <i>Folin-Ciocalteu</i>	45
3.4.4.3 Nichtflavonoide/Flavonoide.....	46
3.4.4.4 Gerbende/nicht gerbende Polyphenole.....	47
3.4.4.5 TEAC-Wert – Antioxidative Kapazität.....	48
3.4.5 Bestimmung ausgewählter Polyphenolgruppen mittels HPLC.....	50
3.5 Methoden der sensorischen Qualitätsanalyse	51
3.5.1 Dreiecksprüfung	51
3.5.2 Rangordnungsprüfung	52
3.5.3 Deskriptive Sensorik	53
3.5.3.1 Intensitätsprüfung	53
3.5.3.2 Profilprüfung.....	54
3.5.4 Statistische Ergebnisauswertung der sensorischen Qualitätsanalyse	55
3.5.4.1 Aufbau der Ergebnisdatenbanken	55
3.5.4.2 Varianzanalyse.....	56
3.5.4.3 Korrelationsberechnung nach <i>Pearson</i>	56
3.5.5 Eigenschaften des Verkosterpanels	57
3.5.5.1 Auswertung der Panelbeteiligung.....	57
3.5.5.2 Validierung des Verkosterpanels	57
3.5.5.3 Bedeutung der Panelvalidierung für die statistische Auswertung und Darstellung der sensorischen Qualitätsanalyse.....	64
4 Ergebnisse	66
4.1 Beeinflussung der Weinqualität durch den Entrappungsvorgang während der Vollernterlese von Rheingauer Rieslingtrauben.....	66

4.1.1	Trubgehalte der Moste aus entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingtrauben	66
4.1.2	Analyse der polyphenolischen Inhaltsstoffe der Moste und Weine aus entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingtrauben	67
4.1.3	Farbausprägung der entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingweine	70
4.1.4	Sensorische Qualität der entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingweine	71
4.1.5	Korrelationen zwischen der sensorischen Weinqualität und den polyphenolischen Inhaltsstoffen bei Rieslingweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung in den Jahrgängen 2000 und 2001	74
4.2	Einfluss unterschiedlicher Mostvorklarungsverfahren auf die Weinqualität von Rheingauer Rieslingweinen	80
4.2.1	Resttrubgehalte der unterschiedlich vorgeklärten Rieslingmoste.....	80
4.2.2	Analyse der polyphenolischen Most- und Weinhaltstoffe der unterschiedlich vorgeklärten Rieslingweine	81
4.2.3	Farbausprägung in den Rieslingweinen nach unterschiedlicher Mostvorklärung	86
4.2.4	Analyse der sensorischen Weinqualität im Vergleich der untersuchten Mostvorklarungsverfahren	87
4.2.5	Korrelationen zwischen der sensorischen Weinqualität und den polyphenolischen Inhaltsstoffen bei Rieslingweinen aus unterschiedlicher Mostvorklärung.....	92
4.3	Einfluss der Maischegärung und der Maischeerhitzung sowie deren Kombination auf die Qualität von Weinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc aus dem Rheingau	95
4.3.1	Analyse der polyphenolischen Most- und Weinhaltstoffe nach unterschiedlicher Rotweinvinifikationstechnik.....	95
4.3.2	Veränderungen der Polyphenolgehalte im Laufe der einzelnen Verarbeitungsschritte der untersuchten Vinifikationsverfahren bei der Rebsorte Spätburgunder	103
4.3.2.1	Ergebnisse der Prozessstufenkontrolle im Versuchsjahr 2000	103
4.3.2.2	Ergebnisse der Prozessstufenkontrolle im Versuchsjahr 2001	107
4.3.3	Farbausprägung der Spätburgunder- und Cabernet Franc-Weine nach unterschiedlicher Vinifikationstechnik.....	111
4.3.4	Einfluss des Rotweinvinifikationsverfahrens auf die sensorische Qualität bei Weinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc	113
4.3.4.1	Versuchsweine der Rebsorte Spätburgunder	113
4.3.4.2	Versuchsweine der Rebsorte Cabernet Franc.....	117
4.3.4.3	Rebsorten- und jahrgangsübergreifender Verfahrensvergleich.....	120
4.3.5	Korrelationen zwischen der sensorischen Weinqualität und den polyphenolischen Inhaltsstoffen.....	121
5	Diskussion	125
5.1	Beeinflussung der Weinqualität durch den Entrappungsvorgang während der Vollernterlese von Rheingauer Rieslingtrauben.....	125
5.1.1	Veränderung der Trub- und Polyphenolgehalte in Rieslingmosten bzw. -weinen durch die Entrappung während der Vollernterlese	125
5.1.2	Farbveränderungen in Rieslingweinen durch die Entrappung während der Vollernterlese.....	129
5.1.3	Korrelation zwischen der Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung und der sensorischen Weinqualität bei der Rebsorte Riesling	130

5.2 Einfluss unterschiedlicher Mostvorklärungsverfahren auf die Weinqualität von Rheingauer Rieslingweinen	132
5.2.1 Veränderung der Resttrub- und Polyphenolgehalte in Rieslingmosten bzw. -weinen durch verschiedene Mostvorklärungsverfahren	132
5.2.2 Beeinflussung der Farbe von Rieslingweinen durch die Art der Mostvorklärung.....	134
5.2.3 Korrelation zwischen der sensorischen Qualität und der Art der Mostvorklärung bei Rheingauer Rieslingweinen.....	136
5.3 Einfluss der Maischegärung und der Maischeerhitzung sowie deren Kombination auf die Qualität von Weinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc aus dem Rheingau	139
5.3.1 Beeinflussung der Polyphenolgehalte durch die unterschiedlichen Rotweinvinifikationsverfahren	139
5.3.2 Beeinflussung der Rotweinfarbe durch die unterschiedliche Rotweinvinifikationsart	141
5.3.3 Korrelationen zwischen der sensorischen Qualität und der Art der Rotweinverarbeitung	143
5.4 Bedeutung der Ergebnisse dieser Arbeit für die Praxis und Ausblick.....	147
5.4.1 Weißweibereitung	147
5.4.2 Rotweibereitung	148
6 Zusammenfassung.....	150
7 Summary	152
8 Literaturverzeichnis.....	154
9 Eigene Publikationen	169
10 Anhang	172
10.1 Wetterdaten der Jahrgänge 2000 und 2001 am Standort Geisenheim	172
10.2 Standardisierter Versuchsweinausbau für Weißwein	175
10.3 Eichgeraden der photometrischen Bestimmungsmethoden	176
10.4 Datensätze der statistischen Ergebnisauswertung.....	178
10.4.1 Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappungsvorgang.....	178
10.4.2 Vergleich verschiedener Verfahren der Mostvorklärung	184
10.4.3 Rotweinverfahrenvergleich – Maischegärung, Maischeerhitzung und deren Kombination..	187
10.5 Verkostungsbögen der sensorischen Qualitätsanalyse.....	191
11 Danksagung und Förderhinweis	197

Abkürzungsverzeichnis

°Oe	Grad Oechsle
BSA	Biologischer Säureabbau
dest.	destilliert
EK	Entkeimung
GLM	General Linear Model
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
LSD	Least significant difference
ME	Maischeerhitzung
ME+MG	Kombination aus Maischeerhitzung + Maischegärung
MG	Maischegärung
MW	Mittelwert
NTU	Nephelometric Turbidity Units
PAL	Phenylalanin-Ammonium-Lyase
PBS	Phosphate Buffered Saline
Schl.-Trub	Schleudertrub
Sed.-Trub	Sedimentationstrub
SEN	Seitz Enzinger Noll
sign.	signifikant
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidative Capacity
TE/F	Trübungseinheiten/Formazin
U	Umdrehung
UTA	Untypische Alterungsnote
UV	Ultraviolett
VE	Vollerter

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersichtsdarstellung der Biosynthese der wichtigsten im Wein vorkommenden Polyphenole (nach FORKMANN, 1993)	5
Abb. 2: Vertreter der monomeren Flavan-3-ole im Wein (nach CHEYNIER <i>et al.</i> , 2006).....	9
Abb. 3: Vertreter der Hydroxyzimtsäuren und deren wichtigste Weinsäureester im Wein (nach KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006)	12
Abb. 4: Strukturen der monomeren Anthocyanidine (Aglycone), der 3-O-Monoglucoside und ihrer acylierten Derivate (nach KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006).	16
Abb. 5: Reaktionen der Anthocyane in wässriger Lösung (nach KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006).	16
Abb. 6: Reaktionskaskade der Reduktion von Sauerstoff (nach WATERHOUSE und LAURIE, 2006).....	19
Abb. 7: Entstehungsreaktionen der primären Oxidationsprodukte der Polyphenole (nach WATERHOUSE und LAURIE, 2006).....	20
Abb. 8: Darstellung der Temperaturverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2000 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2000 – Außenstelle Geisenheim).....	34
Abb. 9: Darstellung der Niederschlagsverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2000 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2000 – Außenstelle Geisenheim).....	35
Abb. 10: Darstellung der Temperaturverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2001 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2001 – Außenstelle Geisenheim).....	36
Abb. 11: Darstellung der Niederschlagsverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2001 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2001 – Außenstelle Geisenheim).....	36
Abb. 12: Versuchsanstellungen zur Vollernterlese mit bzw. ohne Entrapper bei der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001	38
Abb. 13: Versuchsanstellungen zur Mostvorklärung der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	39
Abb. 14: Versuchsrotweinausbau bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001	41
Abb. 15: Darstellung der Panelbeteiligung der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Verkostungen (Dreieckstest, Rangordnungsprüfung und deskriptive Sensorik).....	57
Abb. 16: Ergebnisse der Dreiecksprüfung der Versuchsweine der Rebsorte Müller-Thurgau aus dem Jahr 2000 zur Panelbewertung	59
Abb. 17: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung eines Weines innerhalb einer Serie [n=18]	60
Abb. 18: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Spätburgunder – Wiederholung eines Weines innerhalb einer Serie [n=13]	60
Abb. 19: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung eines Weines an zwei Verkostungsterminen [n=12/18].....	61
Abb. 20: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung einer Serie an einem Verkostungstermin (1. Teil) [n=18].....	62
Abb. 21: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung einer Serie an einem Verkostungstermin (2. Teil) [n=18].....	62
Abb. 22: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Riesling – Wiederholung einer Serie an zwei Verkostungsterminen (1. Termin) [n=13]	63

Abb. 23: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Riesling – Wiederholung einer Serie an zwei Verkostungsterminen (2. Termin) [n=13]	63
Abb. 24: Mosttrubgehalte der Vollernterversuche mit bzw. ohne Entrappung bei der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001	66
Abb. 25: Gesamtpolyphenolgehalt [nach <i>Folin-Ciocalteu</i>] der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001	68
Abb. 26: Polyphenolgehalte, bestimmt mittels HPLC, der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001	69
Abb. 27: Ergebnisse der Extinktionsmessung (420 nm) zur Farbbeurteilung der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001	70
Abb. 28: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung im Jahrgang 2000 [n=19]	72
Abb. 29: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung im Jahrgang 2001 (VE I) [n=11]	72
Abb. 30: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung im Jahrgang 2001 (VE II) [n=11]	73
Abb. 31: Korrelationsdiagramm [nach <i>Pearson</i>] zwischen der Summe Polyphenole (HPLC) und dem Gesamturteil der Versuchsweine aus während der Vollernterlese entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingtrauben in den Jahrgängen 2000 und 2001	75
Abb. 32: Korrelationsdiagramm [nach <i>Pearson</i>] zwischen dem Gehalt an Flavan-3-olen und dem Attribut „grüner Apfel“ bei Versuchsweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung von Rieslingtrauben aus den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=23]	78
Abb. 33: Resttrubgehalte der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001	80
Abb. 34: Mostpolyphenolgehalte [nach <i>Folin-Ciocalteu</i>] der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001	83
Abb. 35: Gesamtpolyphenolgehalte [nach <i>Folin-Ciocalteu</i>] der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001	84
Abb. 36: Polyphenolgehalte mittels HPLC der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001	85
Abb. 37: Ergebnisse der Extinktionsmessung (420 nm) zur Farbbeurteilung der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001	87
Abb. 38: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren im Jahrgang 2000 II [n=12]	88
Abb. 39: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren im Jahrgang 2000 I [n=18]	90
Abb. 40: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren im Jahrgang 2001 I [n=11]	91
Abb. 41: Korrelationsdiagramm [nach <i>Pearson</i>] zwischen dem Tyrosolgehalt und dem Resttrubgehalt bei Versuchsweinen aus den Vorklärvorsuchen der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=9]	92

Abb. 42: Gesamtpolyphenol-, Flavonoid- und Nichtflavonoidgehalte der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	97
Abb. 43: Gesamtpolyphenol-, Flavonoid- und Nichtflavonoidgehalte der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	98
Abb. 44: Anteil gerbende und nichtgerbende Polyphenole am Gesamtpolyphenolgehalt der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	99
Abb. 45: Anteil gerbende und nichtgerbende Polyphenole am Gesamtpolyphenolgehalt der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	99
Abb. 46: Gehalte ausgewählter Polyphenole in den Versuchsweinen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	100
Abb. 47: Gehalte ausgewählter Polyphenole in den Versuchsweinen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	101
Abb. 48: Gehalt an Phenolcarbonsäuren ¹ und Tyrosol ¹ in den Versuchsweinen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	102
Abb. 49: Entwicklung der Gesamtpolyphenolgehalte [nach <i>Folin-Ciocalteu</i>] im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000.....	103
Abb. 50: Entwicklung der TEAC-Werte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000.....	104
Abb. 51: Veränderung der Phenolcarbonsäuregehalte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000.....	105
Abb. 52: Veränderung der Flavan-3-ol-Gehalte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000.....	105
Abb. 53: Veränderung der Resveratrolgehalte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000.....	106
Abb. 54: Veränderung der Anthocyangehalte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000.....	106

Abb. 55: Entwicklung der Gesamtpolyphenolgehalte [nach <i>Folin-Ciocalteu</i>] im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001.....	107
Abb. 56: Entwicklung der TEAC-Werte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001.....	108
Abb. 57: Veränderung der Phenolcarbonsäuregehalte während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001.....	109
Abb. 58: Veränderung der Flavan-3-ol-Gehalte während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001.....	109
Abb. 59: Veränderung der Resveratrolgehalte während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001.....	110
Abb. 60: Veränderung der Anthocyangehalte während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001.....	110
Abb. 61: Farbanalyse der Versuchsweine der Rebsorte Spätburgunder aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	111
Abb. 62: Farbanalyse der Versuchsweine der Rebsorte Cabernet Franc aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	112
Abb. 63: Farbnuance der Versuchsweine der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	113
Abb. 64: Ergebnisse der Verkostung der 2000er Spätburgunder-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=13].....	115
Abb. 65: Ergebnisse der Verkostung der 2001er Spätburgunder-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=12].....	116
Abb. 66: Ergebnisse der Verkostung der 2000er Cabernet Franc-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=13].....	118
Abb. 67: Ergebnisse der Verkostung der 2001er Cabernet Franc-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=12].....	119
Abb. 68: Beeinflussung der sensorischen Rotweinqualität durch die Vinifikationsverfahren Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischegärung und Maischeerhitzung im jahrgangs- und rebsortenübergreifenden Mittelwertvergleich.....	120
Abb. 69: Korrelationsdiagramm [nach <i>Pearson</i>] zwischen den Gehalten an gerbenden Polyphenolen und dem Flavonoidgehalt in Versuchsweinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahren 2000 und 2001 [n=12].....	122

Abb. 70: Korrelationsdiagramm [nach <i>Pearson</i>] zwischen dem Gehalt an gerbenden Polyphenolen und der Gerbstoffintensität der Versuchsrotweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=12]	123
Abb. 71: Korrelationsdiagramm [nach <i>Pearson</i>] zwischen dem Anthocyangehalt und der Extinktion bei 520 nm getrennt nach den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=12]	124
Abb. 72: Kumulierende Summen aus den Tagesniederschlägen im Jahr 2000 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2000)	172
Abb. 73: Kumulierende Summen aus den Tagesniederschlägen im Jahr 2001 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2001)	172
Abb. 74: Kumulierende Summen aus den Tagesmitteltemperaturen im Jahr 2000 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2000)	173
Abb. 75: Kumulierende Summen aus den Tagesmitteltemperaturen im Jahr 2001 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2001)	173
Abb. 76: Kumulierende Summen aus der täglichen Sonnenscheindauer im Jahr 2000 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2000)	174
Abb. 77: Kumulierende Summen aus der täglichen Sonnenscheindauer im Jahr 2001 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2001)	174
Abb. 78: Standardisierter Versuchsweinausbau für Weißwein am Fachgebiet Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim	175

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Gehalte einiger wichtiger Vertreter der Flavan-3-ole in deutschem Riesling, Spätburgunder und Cabernet Franc.....	10
Tab. 2: Gehalte einiger wichtiger Vertreter der Phenolcarbonsäuren in deutschem Riesling, Spätburgunder und Cabernet Franc (n.b.=nicht bestimmt; n.n.=nicht nachweisbar)	13
Tab. 3: Analysendaten der Versuchsweine der Rebsorte Müller-Thurgau aus dem Jahrgang 2000 zur Panelbewertung.....	58
Tab. 4: Most- und Weinanalysen der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	67
Tab. 5: Ergebnisse der Dreiecksprüfung der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrapper in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=14].....	71
Tab. 6: Korrelationen [nach <i>Pearson</i>] zwischen Most- bzw. Weinhaltstoffen und der Sensorik bei Rieslingweinen aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001 (n=6).....	74
Tab. 7: Korrelationen [nach <i>Pearson</i>] zwischen Most- bzw. Weinhaltstoffen und der Sensorik bei Rieslingweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung in den Jahrgängen 2000 und 2001 (n=23).....	76
Tab. 8: Korrelationen [nach <i>Pearson</i>] zwischen den Trubgehalten und dem Gesamtpolyphenolgehalt [nach <i>Folin-Ciocalteu</i>] in Rieslingweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	77
Tab. 9: Most- und Weinanalysen der Versuchsvarianten zur Mostvorklä rung bei der Rebsorte Riesling im Jahrgang 2000.....	81
Tab. 10: Most- und Weinanalysen der Versuchsvarianten zur Mostvorklä rung bei der Rebsorte Riesling im Jahrgang 2001.....	82
Tab. 11: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklä rungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=13].....	87
Tab. 12: Korrelationen [nach <i>Pearson</i>] zwischen Most- bzw. Weinhaltstoffen und der Sensorik der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklä rungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	93
Tab. 13: Korrelationen [nach <i>Pearson</i>] zwischen der Farbe, den Extinktionen bei 420 nm und dem Gesamtpolyphenolgehalt [nach <i>Folin-Ciocalteu</i>] der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklä rungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	94
Tab. 14: Most- und Weinanalysen der Versuchsrotweine aus Maischegä rung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegä rung bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	96
Tab. 15: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2000er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegä rung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegä rung [n=14].....	114
Tab. 16: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2001er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegä rung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegä rung [n=12].....	114

Tab. 17: Ergebnisse der Dreieckstests der 2000er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=14].....	114
Tab. 18: Ergebnisse der Dreieckstests der 2001er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=13].....	114
Tab. 19: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2000er Cabernet Franc-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=14].....	117
Tab. 20: Ergebnisse der Dreieckstests der 2000er Cabernet Franc-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=14].....	117
Tab. 21: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2001er Cabernet Franc-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=12].....	117
Tab. 22: Korrelationen [nach <i>Pearson</i>] zwischen den Weininhaltsstoffen und der Sensorik bei den Versuchsweinen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	121
Tab. 23: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Traubenverarbeitungsvarianten (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I).....	178
Tab. 24: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Traubenverarbeitungsvarianten (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II).....	179
Tab. 25: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Traubenverarbeitungsvarianten (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil III).....	180
Tab. 26: Ergebnisse der Mostanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I).....	180
Tab. 27: Ergebnisse der Mostanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II).....	181
Tab. 28: Ergebnisse der Weinanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I).....	182
Tab. 29: Ergebnisse der Weinanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II).....	183
Tab. 30: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Mostvorklärungsversuche (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I).....	184
Tab. 31: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Mostvorklärungsversuche (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II).....	185
Tab. 32: Ergebnisse der Mostanalytik der Mostvorklärungsversuche der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	185
Tab. 33: Ergebnisse der Weinanalytik der Mostvorklärungsversuche der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	186
Tab. 34: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Rotweinversuche (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	187

Tab. 35: Ergebnisse der Mostanalytik bei den Rotweinversuchen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001.....	188
Tab. 36: Ergebnisse der Weinanalytik bei den Rotweinversuchen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I).....	188
Tab. 37: Ergebnisse der Weinanalytik bei den Rotweinversuchen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II)	189
Tab. 38: Ergebnisübersicht der Prozessanalyse bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000	190
Tab. 39: Ergebnisübersicht der Prozessanalyse bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001	190

Vorbemerkung

Aus den praktischen Arbeiten die im Rahmen der vorliegenden Dissertation durchgeführt wurden, sind bisher folgende Publikationen entstanden (s. auch Kap. 9: Eigene Publikationen):

1. **KÖNITZ, R.**, M. FREUND, J. SECKLER, B. GAUBATZ, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):
Beeinflussung der Weinqualität durch die Entrappung während der Vollernterlese. Deutsches Weinbau-Jahrbuch, 55, S. 222-233
2. **KÖNITZ, R.**, M. FREUND, J. SECKLER, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):
Einfluss der Mostvorklärung auf die sensorische Qualität von Rieslingweinen aus dem Rheingau. Mitteilungen Klosterneuburg, 53, S. 166-183
3. NETZEL, M., G. STRASS, I. BITSCH, **R. KÖNITZ**, M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2002):
Einfluss moderner Traubenverarbeitung auf den Gehalt und die Bioverfügbarkeit von Resveratrolen und anderen bioaktiven Polyphenolen in deutschen Weinen. Abschlussbericht FEI/AiF-Projekt 12225 BG (bisher unveröffentlichtes Manuskript)
4. NETZEL, M., G. STRASS, I. BITSCH, **R. KÖNITZ**, M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2003):
Effect of grape processing on selected antioxidant phenolics in red wine. Journal of Food Engineering, Vol. 56, No. 2/3, S. 223-228

Die Publikationen 1 und 2 komplett und in geringerem Umfang 3 und 4, sowie die noch nicht publizierten Ergebnisse der Sensorik- und Korrelationsuntersuchung des Rotweinverfahrensvergleiches bilden die Basis der vorliegenden Dissertation. Auf die entsprechenden Publikationen wird in den jeweiligen Kapiteln verwiesen. Da es sich um keine kumulative Arbeit handelt, ist die vorliegende Dissertation „klassisch“ in die Kapitel *Einleitung*, *Problemstellung und Zielsetzung*, *Literaturübersicht*, *Material und Methoden* sowie *Ergebnisse* und *Diskussion* gegliedert. Die einzelnen Kapitel, insbesondere *Einleitung*, *Literaturübersicht* und *Diskussion* wurden mit aktueller Literatur ergänzt.

1 Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung

1.1 Einleitung

Für die Weinqualität spielen im Weißweibereich die Mostvorklärung und auch die ihr vorausgehenden Schritte der Traubenverarbeitung eine entscheidende Rolle. Bei der Rotweintechnologie stehen vor allem die verschiedenen Formen der Maischegärung, Maischeerhitzung bzw. deren Kombination im Vordergrund. Die moderne Kellerwirtschaft beschäftigt sich daher immer wieder mit der Modifizierung und Optimierung dieser wichtigen Verfahrensschritte zur Verbesserung der Weinqualität (vgl. AUW *et al.*, 1996; WATSON *et al.*, 1996; SECKLER, 1997; FERNANDO, GÜELL und LÓPEZ, 1998; BINDER, 2000; SECKLER, JUNG und FREUND, 2000; KOBLE, 2003). Bei der Bewertung neuer oder modifizierter Verfahren wird der Gruppe der Polyphenole eine besondere Bedeutung beigemessen. In Publikationen zu diesem Thema wird daher immer wieder aufgezeigt, inwieweit diese Stoffgruppe durch technologische Prozesse verändert, kontrolliert oder sogar minimiert werden kann (vgl. SINGLETON und TROUSDALE, 1983; KOVAC *et al.*, 1992; RITTER, 1997; DARIAS-MARTIN *et al.*, 2000; FISCHER, STRASSER und GUTZLER, 2000; FULEKI und RICARDO-DA-SILVA, 2003). Aber nicht nur die Technologie, sondern auch die Rebsorte (vgl. MAZZA *et al.*, 1999; CHAMKHA *et al.*, 2003; KLUMPP *et al.*, 2007; NIKFARDJAM POUR *et al.*, 2007), das Klima (vgl. BROSSAUD *et al.*, 1999; GOLDBERG *et al.*, 1999) und die Unterschiede in der Reifeentwicklung der Trauben (vgl. LEE und JAWORSKI, 1989; KENNEDY, MATTHEWS und WATERHOUSE, 2000; HUBER *et al.*, 2005) üben einen Einfluss auf die Polyphenolgehalte in der Beere und folglich im Most bzw. Wein aus. In diesem Zusammenhang ist auch der Gesundheitszustand des Lesegutes zu nennen, denn dieser beeinflusst, wenn auch nur indirekt, ebenfalls die Polyphenolzusammensetzung der Trauben (vgl. DITTRICH, 1989) und ist außerdem entscheidend bei der Auswahl der optimalen Vinifikationstechnologie (vgl. BINDER, 1995; BINDER, 1996; SECKLER, 1999). Durch Fäulnis geschädigtes Lesegut unterliegt in der Traubenverarbeitung einer stärkeren mechanischen Beanspruchung und gerade die unerwünschten Polyphenole aus der Beerenhaut gelangen vermehrt in den Most bzw. Wein (vgl. SECKLER, 1997). Parallel zu den technologischen Weiterentwicklungen wurden die chemischen Reaktionsmechanismen der Polyphenole im Most und Wein immer besser erforscht und es wurde vor allem auch die Beeinflussung der sensorischen Weinqualität durch diese Stoffgruppe der Traube

erkannt (vgl. WILLIAMS, OUGH und BERG, 1978; BROSSAUD, CHEYNIER und NOBLE, 2001; PREYS *et al.*, 2006).

1.2 Problemstellung

Um im Bereich der Weißweinbereitung die Eignung eines Traubenverarbeitungs- oder Mostvorklärungsverfahrens, in Abhängigkeit vom Zustand des Lesegutes, zu beurteilen, ist eine differenzierte Untersuchung der Polyphenolgehalte wichtig. Vor dem Hintergrund der vielfältigen Zusammenhänge zwischen Technologie, Polyphenolgehalt und Weinqualität gibt es im Weißweinbereich eine Vielzahl von Verfahren der Traubenverarbeitung und Mostvorklärung, die heute in der modernen Kellerwirtschaft zum Standard zählen. Zur Beurteilung der mechanischen Belastung des Lesegutes und zur Bewertung der Mostvorklärung wurde entweder die Beeinflussung der Mosttrubgehalte oder die Veränderungen einzelner Grobparameter der allgemeinen Weinanalyse untersucht (vgl. HAUBS, 1976; GÖSSINGER, 1999; BREIER und WEIAND, 2001; PETGEN, 2001; SECKLER, JUNG und FREUND, 2001; SCHNEIDER, 2002b). Die polyphenolischen Inhaltsstoffe des Weines, als ebenfalls wichtige Zeigersubstanzen zur Verfahrensbeurteilung, wurden dabei häufig nur als Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* analysiert (vgl. MÜLLER-SPÄTH, 1980; SECKLER, 1997; SECKLER, JUNG und FREUND, 2000; WEIK, 2002). Neuere Arbeiten, in denen die Veränderungen der Polyphenole oder Polyphenolgruppen durch verschiedene oenologische Verfahren der Weißweinherstellung im Vordergrund stehen, sind selten in der Fachliteratur zu finden und das Aufzeigen möglicher Korrelationen dieser Stoffe zu konkreten Attributen der Weinsensorik fehlt fast immer (vgl. PUIG-DEU *et al.*, 1996; NIKFARDJAM POUR, 2001; FULEKI und RICARDO-DA-SILVA, 2003; WEIAND, 2004; VILLAÑO *et al.*, 2005; KOMES *et al.*, 2007).

Bei der Bewertung von Rotweinvinifikationsverfahren wurde im Gegensatz zum Weißwein bereits häufiger die Verbindung zwischen der Technologie, den Polyphenolgehalten und der sensorischen Qualität allgemein einbezogen. Dabei spielte aber vor allem die Farbe eine übergeordnete Rolle bei der sensorischen Verfahrensbeurteilung (vgl. AUW *et al.*, 1996; BINDER, 1996; WATSON *et al.*, 1996; FISCHER, 1997a; BINDER, 2000) und nur in wenigen Arbeiten wurde bei der Bewertung der untersuchten Vinifikationsverfahren auf konkrete sensorische Attribute

eingegangen (vgl. FISCHER, 1997c; GIRAD *et al.*, 1997; FISCHER und STRASSER, 1999a; KOBLER, 2003).

1.3 Zielsetzung und Arbeitshypothese

Für eine ganzheitliche Bewertung von oenologischen Verfahren ist für die Praxis neben den technologischen Aspekten und der Inhaltsstoffanalytik vor allem die Analyse der sensorischen Weinqualität von großer Bedeutung und stellt daher auch den Schwerpunkt dieser Arbeit dar. Zielsetzung der Arbeit ist es, zu untersuchen, inwieweit ausgewählte oenologische Verfahren der Weißwein- bzw. Rotweininifikation die polyphenolischen Inhaltsstoffe und damit verbunden die Weinqualität beeinflussen. In der Arbeitshypothese wird dabei davon ausgegangen, dass es einen statistischen Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Polyphenolen und einzelnen sensorischen Attributen der Weinqualität gibt. Mögliche Korrelationen zwischen den technologisch beeinflussten Polyphenolgehalten und der Weinsensorik sollen daher aufgedeckt werden und neuere Erkenntnisse über die organoleptischen Eigenschaften bestimmter Polyphenolgruppen im Wein liefern. Im Weißweinbereich wird der Frage nachgegangen, inwieweit die Entrappung während der Vollernterlese und die Mostvorklärung bei Rheingauer Rieslingweinen in den Jahrgängen 2000 und 2001 die sensorische Qualität in Abhängigkeit von den Polyphenolgehalten beeinflusst. Aus dem Bereich der Rotweintechnologie werden unter diesem Gesichtspunkt die beiden Verfahren der Maischegärung und der Maischeerhitzung und deren Kombination bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc, ebenfalls aus dem Rheingau und für die Jahrgänge 2000 und 2001, genauer betrachtet.

2 Polyphenole im Wein

Die polyphenolischen Verbindungen spielen im Wein eine sehr wichtige Rolle, da sie einen großen Einfluss auf die sensorische Qualität haben (vgl. GAWEL, 1998; RITCHEY und WATERHOUSE, 1999). Sie tragen zur Bitterkeit und Adstringens der Weine bei und sind neben der geschmacklichen Beeinflussung zudem verantwortlich für die oxidativen Bräunungsreaktionen im Weißwein und für die Farbe von Rotweinen (vgl. CHEYNIER *et al.*, 2006). Beeinflusst werden die Polyphenolgehalte im Wein durch die Polyphenolzusammensetzung der Trauben in Abhängigkeit von der Reife, der Rebsorte und durch die Art der angewandten Verarbeitungsprozesse. Auch die im Laufe der Weinbereitung vielfältigen Reaktionsmöglichkeiten der Polyphenole, wie z.B. Oxidation, Kondensation oder Polymerisation, können ihre Gehalte entscheidend verändern (vgl. MACHEIX, SAPIs und FLEURIET, 1991).

2.1 Biosynthese der Polyphenole

Die Biosynthese der Polyphenole beginnt mit der Aminosäure Phenylalanin, die aus dem Shikimisäurestoffwechsel entsteht (vgl. HELDT, 1996). Durch die Wirkung der Phenylalanin-Ammonium-Lyase entsteht aus Phenylalanin die trans-Zimtsäure, die als wichtige Vorstufe für die Bildung der Hydroxyzimtsäuren und ihrer Weinsäureester fungiert. Die im Wein weniger bedeutenden Hydroxybenzoesäuren entstehen ebenfalls aus trans-Zimtsäure durch Abspaltung eines C₂-Fragmentes. Für die Synthese der Flavonoide erfolgt die Bildung des Naringenin-chalcon aus p-Coumaroyl-CoA und Malonyl-CoA unter der Katalyse der Chalcon-Synthase und unter Abspaltung von CO₂. Diese Reaktion wird als Malonatweg bezeichnet und das entstehende Naringenin-chalcon stellt das C₆-C₃-C₆-Grundgerüst dar, von dem sich alle Flavonoide ableiten (vgl. FORKMANN, 1993). Die Biosynthese der wichtigsten Polyphenole im Wein mit ihren jeweiligen Zwischenstufen ist in Abb. 1 in Form einer Übersichtsdarstellung zusammengefasst.

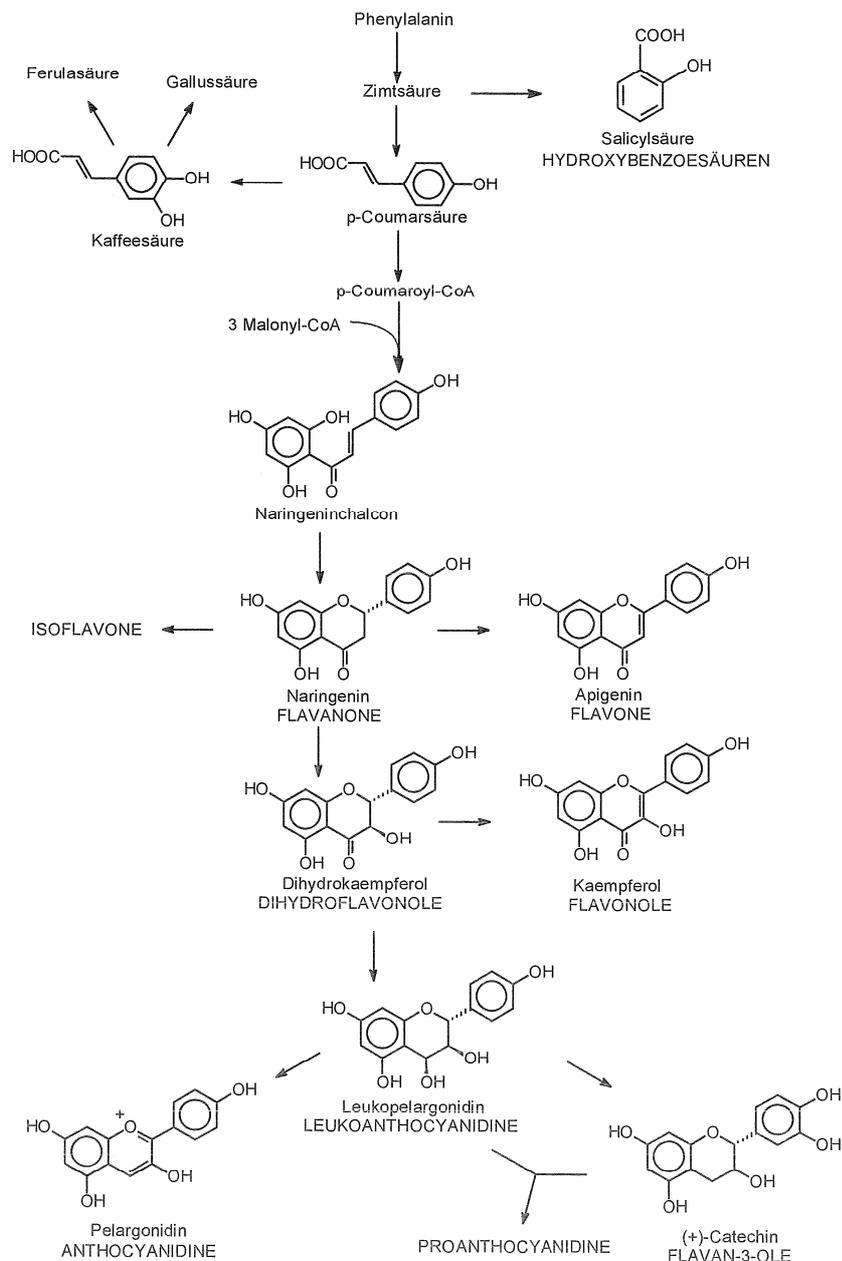


Abb. 1: Übersichtsdarstellung der Biosynthese der wichtigsten im Wein vorkommenden Polyphenole (nach FORKMANN, 1993)

2.2 Veränderungen der Polyphenolgehalte in Abhängigkeit von Jahrgang, Reife und Rebsorte

Die Polyphenolmuster der Rebsorten sind genetisch festgelegt und daher überlagert die Rebsorte häufig die Jahrgangseinflüsse, wie SINGLETON und TROUSDALE (1983) in einem mehrjährigen Rebsortenvergleich herausfanden. Sie stellten auch fest, dass vor

allem die Intensität des Schalenkontaktes im Verlauf der Vinifikation die Rebsorten- und Jahrgangsunterschiede überdecken kann.

Der Jahrgang hat einen signifikanten Einfluss auf die Gehalte an Flavan-3-olen (vgl. FULEKI und RICARDO-DA-SILVA, 2003). Die Gehalte an Flavan-3-olen nehmen zunächst während der Reifung stark zu und sinken dann zur Lese hin wieder ab (vgl. LEE und JAWORSKI, 1989). Die gleiche Entwicklung konnten KENNEDY, MATTHEWS und WATERHOUSE (2000) für die Proanthocyanidine feststellen. Grundsätzlich war dabei eine Abnahme von 90 % bei den monomeren Flavan-3-olen und von bis zu 60 % bei den Proanthocyanidinen festzustellen. Bei Wassermangel war diese reifebedingte Abnahme der Flavan-3-ole in den Kernen früher und stärker zu beobachten. Bei hohen Niederschlagsmengen kann es zudem zu einer Verdünnung der Polyphenole kommen und daher zu geringeren Gehalten im Wein (vgl. CHAMKHA *et al.*, 2003).

Bei den Phenolcarbonsäuren herrscht eine uneinheitliche Meinung. DARIAS-MARTIN *et al.* (2000) konnten bei der Untersuchung verschiedener portugiesischer Rebsorten feststellen, dass die Phenolcarbonsäuren zum größten Teil in ihren Gehalten vom Reifezustand der Traube unbeeinflusst bleiben. Größere Unterschiede in der Zusammensetzung der Phenolcarbonsäuren lassen sich eher zwischen den verschiedenen Rebsorten finden. RAMOS *et al.* (1999) beobachteten dagegen eine Beeinflussung durch die Reife. Während der Reife nehmen die Phenolcarbonsäuren im Most, d.h. im Fruchtfleisch ab, während ihre Gehalte in den Schalen zunehmen (vgl. FERNÁNDEZ DE SIMON, HERNÁNDEZ und ESTRELLA, 1993).

Die Gehalte und die Verteilung der Anthocyane und ihrer Derivate in der Beere sind sehr stark von der Rebsorte abhängig, so dass die Proportionen der Einzelpolyphenole stets gleich bleiben, während sich die absoluten Gehalte verändern können (vgl. MAZZA *et al.*, 1999). Mit der Zuckereinlagerung nehmen die Gehalte an monomeren Anthocyanen insgesamt zu, zur Reife hin sinken diese allerdings wieder ab, was durch die Bildung von polymeren Farbpigmenten zu erklären ist (vgl. ADAMS, 2006). Mit zunehmender Reife nimmt allgemein der Polymerisationsgrad der Anthocyane und Tannine zu (vgl. KENNEDY *et al.*, 2001). Für die spätere sensorische Wahrnehmung der Polyphenole in der Weinmatrix ist das von entscheidender Bedeutung.

Der Befall der Trauben mit *Botrytis cinerea* hat ebenfalls einen Einfluss auf die Polyphenolgehalte, allerdings nur indirekt (vgl. DITTRICH, 1987). Die Beeinflussung der Gehalte erfolgt in erster Linie über die botrytiseigene Polyphenoloxidase, die Botrytis-

Laccase, durch deren Katalyse die Polyphenole verändert werden und dadurch neue chemische und auch sensorische Eigenschaften aufweisen. Bei diesen Veränderungen handelt es sich in erster Linie um die Oxidation oder Polymerisation mit ihren in Kap. 2.5 und 2.6 beschriebenen Auswirkungen auf die sensorische Weinqualität. Außerdem reduziert der Botrytisbefall die Nährstoffgehalte im Most und verursacht damit, in Verbindung mit einer gestörten Gärkinetik, eine stärkere Bildung von Gärungsnebenprodukten, darunter vor allem Pyruvat und Acetaldehyd. Insbesondere der Thiamingehalt wird durch den Botrytispilz reduziert und steht in direktem Zusammenhang mit einer stärkeren Pyruvatbildung (vgl. DITTRICH, 1987). Durch die erhöhten Gehalte dieser Schwefelbindungspartner wird die Schutzwirkung der schwefeligen Säure verhindert und Oxidationen der Polyphenole können stärker auftreten.

2.3 Allgemeine Klassifizierung der Polyphenole

Polyphenole sind Stoffe einer großen und komplexen Gruppe mit vielfältigen Strukturen und Eigenschaften. Den Polyphenolen werden alle diejenigen Verbindungen zugeordnet, deren chemische Struktur auf das Phenol zurückgeführt werden kann. Sie zählen zu den sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, da sie nicht im Primärstoffwechsel der Pflanze metabolisiert bzw. verbraucht werden (vgl. KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006). Es werden grundsätzlich zwei Gruppen von Polyphenolen unterschieden (vgl. CHEYNIER *et al.*, 2006). Die Flavonoide, die alle auf der Struktur eines C₆-C₃-C₆-Körpers basieren und als zweite Gruppe die Nichtflavonoide, zu denen alle Vertreter der Phenolcarbonsäuren gehören. Beide Gruppen sind weiterhin in zahlreiche Untergruppen untergliedert. Eine Beschreibung der Einteilung der Polyphenole mit den jeweiligen Vertreter und den entsprechenden rebsorten-, anbaugebiets- und technologieabhängigen Gehalten wurde bereits in vielen Publikationen, Dissertationen und Fachbüchern ausführlich durchgeführt (vgl. WÜRDIG und WOLLER, 1989; RITTER, 1997; NIKFARDJAM POUR, 2001; RECHNER, 2001; ROSSOUW und MARAIS, 2004; KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006). Für die chemischen Grundlagen wird daher auf die entsprechenden Autoren verwiesen. Im folgenden Abschnitt sollen zusammenfassend nur die wichtigsten Erkenntnisse zu den hauptsächlich im Wein vorkommenden und in dieser Arbeit vorrangig betrachteten Polyphenolgruppen und

deren Reaktionsmöglichkeiten dargestellt werden (vgl. Kap. 2.4 bis 2.6). Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt dabei vor allem auf den technologischen Veränderungen der Polyphenolgehalte und der damit verbundenen Beeinflussung der sensorischen Weinqualität.

2.4 Vorkommen und sensorische Eigenschaften der wichtigsten Polyphenole

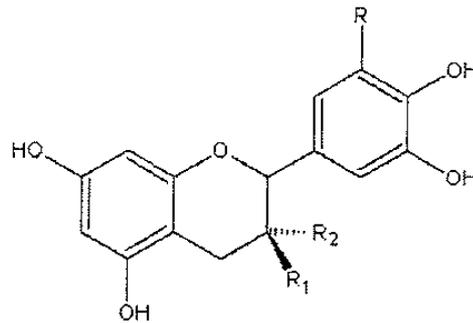
2.4.1 Gerbigkeit, Adstringens und Bitterkeit der Polyphenole

Die häufig bewertete Gerbigkeit von Weinen ist als Überbegriff zu sehen und beschreibt ein Zusammenwirken von Bitterkeit und Adstringens (vgl. SCHNEIDER, 2006). ROBICHAUD und NOBLE (1990) unterscheiden den bitteren Geschmack als eine Rezeptorreaktion der Zunge der daher auf kleinere Moleküle, die in die Rezeptoren passen, beschränkt ist. Die Wahrnehmung der Adstringens ist dagegen ein Gesamteindruck im Mund, der mit Trockenheit, Pelzigkeit oder Rauheit beschrieben wird und mit steigender Molekülgröße zunimmt. Die Adstringens von Polyphenolen wird über die Fähigkeit Proteine zu fällen definiert (vgl. BATE-SMITH, 1973) und beginnt normalerweise erst ab einer Molekülgröße von über 500 Dalton (vgl. SINGLETON, 1992). Aber auch die monomeren Flavan-3-ole zeigten nach den Ergebnissen von THORNGATE und NOBLE (1995) eine Fähigkeit zur Fällung von Proteinen.

Die sensorischen Eigenschaften der im Rahmen dieser Arbeit wichtigen Polyphenole werden in den folgenden Kapiteln getrennt nach den jeweiligen Polyphenolgruppen beschrieben.

2.4.2 Flavan-3-ole

Bei der Gruppe der Flavan-3-ole unterscheidet man bei den monomeren Vertretern die im Wein hauptsächlich vorkommenden beiden Diastereomere (+)-Catechin und (-)-Epicatechin sowie das (-)-Epicatechin-3-O-gallat. Die Strukturen der wichtigsten Flavan-3-ole im Wein zeigt die Abb. 2. Neben ihrer monomeren Form existieren die Flavan-3-ole auch als Oligomere oder Polymere, d.h. als kondensierte Tannine oder Proanthocyanidine. Sie werden Proanthocyanidine genannt, da sie beim Erhitzen in Säure Anthocyane freisetzen (vgl. KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006).



R	R₁	R₂	Name
H	OH	H	(+)-Catechin
H	H	OH	(-)-Epicatechin
OH	OH	H	(+)-Gallocatechin
OH	H	OH	(-)-Epigallocatechin
H	H	Gallat	(-)-Epicatechin-3-O-gallat
OH	H	Gallat	(-)-Epigallocatechin-3-O-gallat

Abb. 2: Vertreter der monomeren Flavan-3-ole im Wein (nach CHEYNIER *et al.*, 2006)

Proanthocyanidine (farblose Vorstufen der Anthocyanidine) entstehen durch Kondensation der monomeren Flavan-3-ol-Grundeinheiten. Bei geringem Polymerisationsgrad sind sie farblos und mit zunehmender Molekülgröße entsteht eine gelbliche bis braune Färbung. Bis zu einem Molekulargewicht von 7000 Dalton (ca. 20 Flavan-3-ol-Einheiten) sind die Proanthocyanidine in wässrigem Medium löslich. Die Kondensation erfolgt über eine 4-β-8 oder 4-β-6-Interflavanbindung. DE FREITAS und GLORIES (1999) fanden heraus, dass der Anteil der Dimere und Trimere unter 10 % an den Gesamtgehalten der Proanthocyanidine in den Kernen (9,6 %) und sogar nur 2,4 % an den Gesamtgehalten in den Schalen beträgt. Proanthocyanidine treten demnach vorrangig in großen Kettenlängen aus monomeren Flavan-3-olen auf und kommen vor allem in Traubenschalen (vgl. SOUQUET *et al.*, 2000) aber auch in Kernen und Rappen vor (vgl. OSZMIANSKI *et al.*, 1986). Abhängig von der Herkunft der Proanthocyanidine schwanken ihre Polymerisationsgrade. So fanden SOUQUET *et al.* (2000) in der Schale der Traube Polymerisationsgrade von etwa 30 gegenüber nur ca. 10 bei den Proanthocyanidinen aus den Kernen oder Rappen. Proanthocyanidine aus Traubenkernen sind in der Regel Procyanidine, d.h. sie setzen bei der Hydrolyse Cyanidin frei und sind aus Catechin, Epicatechin und Epicatechin-3-O-gallat aufgebaut. Proanthocyanidine aus anderen Traubengewebe enthalten auch Epigallocatechin und bestehen daher aus Procyanidinen und Prodelphinidinen. Epigallocatechin ist nur in

der Schale zu finden während Epicatechin-3-O-gallat in Kernen und Schalen vorkommt (vgl. SOUQUET *et al.*, 1996). Eine Analyse der Gehalte an Epicatechin-3-O-gallat oder Epigallocatechin kann somit Auskunft über die Herkunft der Proanthocyanidine geben (vgl. KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006). Die Proanthocyanidine reagieren mit Proteinen unter anderem auch mit denen des Speichels und sind daher auch unter dem Begriff „Tannine“ oder „Gerbstoffe“ einzuordnen und für den bitteren und adstringierenden Geschmack eines Weines verantwortlich (vgl. ROSSOUW und MARAIS, 2004).

Tab. 1: Gehalte einiger wichtiger Vertreter der Flavan-3-ole in deutschem Riesling, Spätburgunder und Cabernet Franc

Substanz [mg/l]	Riesling (vgl. RITTER, 1994)	Spätburgunder (vgl. KLUMPP <i>et al.</i> , 2007)	Cabernet Franc (vgl. KLUMPP <i>et al.</i> , 2007)
(+)-Catechin	0,9 (0-2,5)	152,3	28,7
(-)-Epicatechin	6,1 (1,0-11,8)	145,3	38,8
(-)-Epicatechin-3-O-gallat	12,3 (0,4-47,2)	n.b.	n.b.

Die Flavan-3-ole und ihre Polymere werden während der Weinbereitung aus den Kernen und Schalen extrahiert (vgl. SACCHI *et al.*, 2005) und ihre Konzentrationen im Endprodukt sind vorrangig von der Art der Verfahrenstechnik beeinflusst (vgl. HARBERTSON *et al.*, 2008). Große Schwankungsbreiten in den Flavan-3-ol-Gehalten unterschiedlicher Rebsorten aus unterschiedlichen Weinanbaugebieten sind die logische Folge. In Tab. 1 sind daher nur exemplarisch die Gehalte der wichtigsten monomeren Flavan-3-ole der in dieser Arbeit untersuchten deutschen Rebsorten dargestellt. Die Rotweininifikation mit ihrem intensiveren Schalenkontakt erzeugt deutlich höhere Gehalte an Flavan-3-olen im Wein, dabei ist insbesondere die Rebsorte Spätburgunder bekannt für ihre hohen Catechingehalte (vgl. FISCHER und STRASSER, 1999a).

Erhöhte Gehalte an Flavan-3-olen und Proanthocyanidinen im Weißwein, durch z.B. eine zu starke mechanische Belastung während der Traubenverarbeitung (vgl. SECKLER, 1997; SCHNEIDER, 2000), bewirken eine Erhöhung des bitteren Geschmacks und somit eine negative Beeinflussung der sensorischen Qualität (vgl. BROSSAUD, CHEYNIER und NOBLE, 2001). Dabei spielen die Molekülgrößen bzw. die

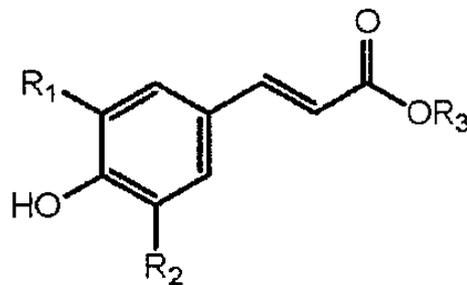
Polymerisationsgrade der Catechine (Flavan-3-ole) eine wichtige Rolle (vgl. PELEG *et al.*, 1999). Vor allem die Gruppe der polymeren Proanthocyanidine (vgl. LEA und ARNOLD, 1978) aber auch die monomeren Flavan-3-ole wie (+)-Catechin und (-)-Epicatechin können eine Erhöhung der Bitterkeit und Adstringens im Wein bewirken (vgl. THORNGATE und NOBLE, 1995). Die Bitterkeit nimmt dabei mit steigenden Konzentrationen zu (vgl. ROBICHAUD und NOBLE, 1990). Gehalte zwischen 15 und 5000 mg/l können eine erhöhte Bitterkeit in Abhängigkeit von der Matrix bewirken. Auch mit steigendem Alkoholgehalt wird die Bitterkeit von Flavan-3-olen erhöht, wie FISCHER und NOBLE (1994) am Beispiel von (+)-Catechin feststellten. Den Proanthocyanidinen wird aber auch eine positive Wirkung auf das Mouthfeeling zugeschrieben, was mit der im Rotwein durchaus positiv bewerteten Adstringens in Verbindung steht (vgl. THORNGATE, 1992). PELEG *et al.* (1999) fanden heraus, dass mit zunehmender Molekülgröße nur die Adstringens zunimmt und die Bitterkeit dagegen abnimmt und zeigten damit ebenfalls die Bedeutung der Molekülgröße für die sensorischen Eigenschaften der Flavan-3-ole. Bis hin zum Tetramer nimmt die Bitterkeit zu, danach kann mit steigendem Polymerisierungsgrad eine Abnahme der Bitterkeit festgestellt werden. Dies kann mit der verhinderten Reaktion größerer Moleküle mit den Bitter-Rezeptoren der Zunge erklärt werden (vgl. BROSSAUD, CHEYNIER und NOBLE, 2001). Monomere Flavan-3-ole werden daher mehr bitter als adstringent eingestuft (vgl. BENÍTEZ *et al.*, 2005).

LUND *et al.* (2009) konnten in ihren Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen nichtflüchtigen Polyphenolen und flüchtigen Aromastoffen feststellen, dass erhöhte Gehalte der Flavan-3-ole die Flüchtigkeit der Aromen reduzieren. Sie führen dies auf mögliche nicht kovalente Bindungen zwischen den zahlreichen OH-Gruppen und den flüchtigen Aromen zurück. Dieser unterdrückende Effekt konnte in Sauvignon Blanc bereits bei 12 mg/l Catechin für die Geruchsschwellenwerte verschiedener Aromakomponenten festgestellt werden.

2.4.3 Phenolcarbonsäuren

Unter Phenolcarbonsäuren werden verschiedene im Wein vorkommende Vertreter der Hydroxymitsäure- und Hydroxybenzoesäure-Verbindungen zusammengefasst. Die Hydroxymitsäure-Verbindungen weisen alle einen C3-C6-Körper, die Hydroxybenzoe-

säure-Verbindungen dagegen einen C1-C6-Körper auf. Die Hydroxybenzoesäuren, die in der Regel nur als freie Säuren vorliegen, kommen, da ihre Gehalte in Trauben unter 1 mg/kg Frischgewicht liegen, nur in sehr geringen und eher unbedeutenden Mengen im Wein vor (vgl. KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006). Im Weißwein haben die Hydroxyzimtsäuren den Hauptanteil am Gesamtpolyphenolgehalt und spielen eine besonders wichtige Rolle bei der Oxidation (vgl. Kap. 2.5). Ihr Vorkommen im Most bzw. Wein wirkt sich positiv auf die sensorische Qualität aus, da sie unerwünschten Sauerstoff abfangen ohne Bräunungsreaktionen zu zeigen (vgl. CHEYNIER *et al.*, 1986). In Abb. 3 werden die Strukturen der wichtigsten im Wein vorkommenden Hydroxyzimtsäuren und deren Weinsäureester aufgezeigt.



R ₁	R ₂	R ₃	Name
H	H	H	p-Coumarsäure
H	OH	H	Kaffeesäure
H	OCH ₃	H	Ferulasäure
H	H	Weinsäure	Coutarsäure
H	OH	Weinsäure	Caftarsäure
H	OCH ₃	Weinsäure	Fertarsäure

Abb. 3: Vertreter der Hydroxyzimtsäuren und deren wichtigste Weinsäureester im Wein (nach KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006)

Die Hydroxyzimtsäuren kommen vor allem im Fruchtfleisch, aber auch in den Schalen der Beere vor (vgl. FERNÁNDEZ DE SIMÓN, HERNÁNDEZ und ESTRELLA, 1993). SOUQUET *et al.* (2000) fanden Caftar- und Coutarsäure auch in den Rappen verschiedener weißer und roter Rebsorten. Eine technologische Beeinflussung der Phenolcarbonsäuregehalte im Most bei unterschiedlicher Traubenverarbeitung und bei verschiedenen Mazerations- oder Gärverfahren ist daher nachvollziehbar und zeigte sich auch in den Ergebnissen von VILLAÑO *et al.* (2005) und KOMES *et al.* (2007). Exemplarisch werden in Tab. 2 die Gehalte einiger wichtiger Phenolcarbonsäuren in Rheingauer Weinen der Rebsorten Riesling, Spätburgunder und Cabernet Franc gezeigt. Während die wichtigsten

Vertreter der Hydroxyzimtsäuren im Riesling alle vorhanden sind, konnten sie im Rotwein, verursacht durch den verfahrensbedingt höheren Sauerstoffeintrag, teilweise nicht mehr nachgewiesen werden. Die mengenmäßig bedeutendste Phenolcarbonsäure, die Caftarsäure, konnte in allen Weinen gefunden werden. Die Gehalte liegen im Weiß- und Rotwein auf vergleichbarem Niveau. Die Gallussäure, die fast ausschließlich in den Kernen lokalisiert ist (vgl. FERNÁNDEZ DE SIMÓN, HERNÁNDEZ und ESTRELLA, 1993), wird im Wein nur bei längeren für die Rotweinbereitung typischen Mazerationszeiten auf den Kernen gefunden.

Tab. 2: Gehalte einiger wichtiger Vertreter der Phenolcarbonsäuren in deutschem Riesling, Spätburgunder und Cabernet Franc (n.b.=nicht bestimmt; n.n.=nicht nachweisbar)

Substanz [mg/l]	Riesling (vgl. RITTER, 1994)	Spätburgunder (vgl. KLUMPP <i>et al.</i> , 2007)	Cabernet Franc (vgl. KLUMPP <i>et al.</i> , 2007)
Kaffeensäure	2,3 (0,5-4,8)	n.n.	n.n
p-Coumarsäure	1,7 (0,6-2,8)	n.n	n.n
Ferulasäure	1,7 (0,9-4,5)	n.b.	n.b.
Caftarsäure	30,2 (12,1-75,6)	54,4	18,0
Coutarsäure	2,5 (0,9-5,1)	13,9	3,2
Fertarsäure	2,3 (1,1-3,4)	n.b.	n.b.
Gallussäure	n.b.	36,1	31,1

Phenolcarbonsäuren haben einen bitteren Geschmack (vgl. ROSSOUW und MARAIS, 2004), in den üblichen im Weißwein vorkommenden Gehalten bewirken sie allerdings keine Erhöhung der Astringens oder Bitterkeit (vgl. VERRETTE, NOBLE und SOMMER, 1988). Im Rotwein sind die Gehalte an Phenolcarbonsäuren im Verhältnis zu den Flavonoiden zudem zu gering, so dass ihr Beitrag zur Bitterkeit und Adstringens zu vernachlässigen ist (vgl. GAWEL, 1998). Teilweise wird ihnen sogar ein eher positiver Effekt auf Mundgefühl und Körper zugesprochen (vgl. SINGLETON und NOBEL, 1976).

2.4.4 Tyrosol

Tyrosol, auch als 1-(4-Hydroxyphenol)-2-Ethanol bekannt, zählt zu den flüchtigen polyphenolischen Verbindungen im Wein (vgl. RAPP und VERSINI, 1996). Tyrosol ist als Inhaltsstoff des Weines seit langem bekannt und gilt als ein besonderer Vertreter der Polyphenole, da es als einziges Polyphenol nicht aus polyphenolischen Precursoren

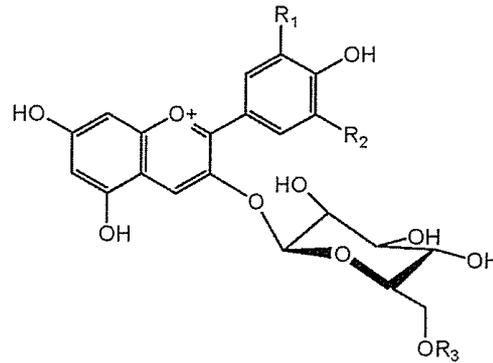
gebildet wird (vgl. SINGLETON und ESAU, 1969). Die Bildung von Tyrosol erfolgt während der Gärung aus der Aminosäure Tyrosin durch Decarboxylierung und Reduktion der entsprechenden alpha-Ketosäure (vgl. SENTHESHANMUGANATHAN und ELSDEN, 1958). In den Untersuchungen von CHAMKHA *et al.* (2003) wird Tyrosol nach den Hydroxyzimtsäuren als zweitgrößter Anteil am Gesamtpolyphenolgehalt im Weißwein beschrieben. Daher sind größere Unterschiede in der Summe der mittels HPLC bestimmten Polyphenole im Weißwein häufig auf technologische oder jahrgangsbedingte Schwankungen im Tyrosolgehalt zurückzuführen (vgl. ANDRADE *et al.*, 1998). Der Tyrosolgehalt in deutschen Rieslingweinen (n=17) der Jahrgänge 1989-1998 wird von NIKFARDJAM POUR *et al.* (2007) mit einem Durchschnittswert von 18,0 mg/l angegeben. Dabei waren Schwankungen von 0 mg/l bis 42,2 mg/l zu finden. Tyrosol wird daher auch als dominierendes Polyphenol im Riesling beschrieben. RITTER (1997) fand mit einem Mittelwert von 25,2 mg/l bei einer Schwankungsbreite von 6,3 mg/l bis zu 53,8 mg/l ähnliche Gehalte im Rheingauer Riesling. Im deutschen Rotwein wurde von KLUMPP *et al.* (2007) ein Durchschnittswert von 23,9 mg/l bei Schwankungen zwischen 9 und 38,6 mg/l gemessen. Rebsortenspezifische Unterschiede in den Tyrosolgehalten konnte KECK (1989) bei der Messung von 66 Weiß- und Rotweinen allerdings nicht finden. Dabei wurden insgesamt Tyrosolgehalte zwischen 1 und 70 mg/l gemessen, wobei 91 % der untersuchten Weine zwischen 1 und 30 mg/l lagen.

Eine technologische Beeinflussung des Tyrosolgehaltes ist nur indirekt über die verfahrensabhängigen Veränderungen der Aminosäuregehalte im Most erklärbar. Bei vermehrtem bzw. intensiverem Schalenkontakt ist der Aminosäuregehalt höher als bei einfacher Vergärung von Most (vgl. SINGLETON und TROUSDALE, 1983), so dass sich im Laufe der Maischegärung oder auch bei der Vergärung von Mosten aus stärker mechanisch belastetem Lesegut mehr Tyrosol bilden kann. Mit höherem Pressdruck gelangen ebenfalls mehr Aminosäuren in den Wein (vgl. SECKLER, 2000). In Weinen aus stärker gepressten Mosten können somit auch höhere Tyrosolgehalte auftreten (vgl. VILLAÑO *et al.*, 2006). In Weinen die nur aus Vorlauf vergoren wurden, wird dagegen häufig kein Tyrosol nachgewiesen. Eine Beeinflussung der Tyrosolgehalte über die Art bzw. Stärke der Mostvorklärung ist daher ebenfalls denkbar, da je nach Vorklärverfahren auch die Aminosäuregehalte verändert werden (vgl. AYESTARÁN *et al.*, 1996; PUIG-DEU *et al.*, 1996).

Bezüglich der sensorischen Eigenschaften wird dem Tyrosol ein stark bitterer Geschmack zugeschrieben (vgl. DREWS, SPECHT und SCHWARTZ, 1965). Im Bier werden Geschmacksschwellenwerte zwischen 10 und 200 mg/l angegeben (vgl. DRAWERT, 1975). ASO, NAKAYAM und MAKI (1953) fanden einen bitteren Geschmack ab einer Konzentration von 14 mg/l in 15 %v/v wässriger Ethanollösung. Im Wein wird eine Bitterkeit ab 25 mg/l beschrieben (vgl. JACKSON, 2009). Bezüglich der Geruchsbeeinflussung des Tyrosols wird eher von einer allgemeinen Maskierung des typischen Weinaromas berichtet, aber auch honig- oder wachsartige Gerüche werden erwähnt (vgl. KECK, 1989). DRAWERT (1975) berichtet von einem phenolischen Geruch.

2.4.5 Anthocyane

Die Anthocyane sind typisch für Rotweine, da sie aufgrund ihrer unterschiedlichen Färbung von rot nach blau für die Rotweinfarbe verantwortlich sind. Die Farbausprägung der jeweiligen Anthocyanverbindung, d.h. das Absorptionsmaximum, wird dabei vom Substitutionsgrad am B-Ring beeinflusst. Je höher die Zahl der Substituenten, desto mehr wird die Farbe von rot in Richtung blau verschoben (vgl. WENZEL, 1986). Anthocyane kommen nur in der Beerenhaut vor und sind von vielfältigen Faktoren wie Rebsorte, Reife, Jahrgangsbedingungen etc. abhängig (vgl. MAZZA, 1995). Im Wein sind es die fünf Aglycone (Anthocyanidine) Cyanidin, Peonidin, Petunidin, Delphinidin und Malvidin und ihre glukosilierten Derivate (Anthocyane). Zusätzlich können diese noch mit Essig-, p-Courmar- und Kaffeesäure acyliert sein. Die Rebsorte Spätburgunder bildet dabei die Ausnahme, da sie nur über eine sehr einfache Anthocyanzusammensetzung ohne acylierte Derivate verfügt. In Abb. 4 werden die Strukturen der Anthocyanidine und ihrer Derivate aufgeführt. In Weinen aus den Rebsorten der Gattung *vitis vinifera* sind das Malvidin-3-O-glucosid und seine acylierten Formen die am häufigsten vorkommenden Anthocyane (vgl. MAZZA, 1995). Die Anthocyanmuster der Rebsorten sind genetisch festgelegt und können daher auch zur Rebsortenauthentifizierung herangezogen werden (vgl. ROGGERO *et al.*, 1988). Allerdings wird die Bestimmungsmethode durch den Einfluss unterschiedlicher Vinifikationstechniken erschwert (vgl. FISCHER, LÖCHNER und WOLZ, 2007).



Name des Anthocyan	R ₁	R ₂	R ₃
Cyanidin-3-O-glucosid	OH	H	Essig-/Coumar-/Kaffeensäure
Peonidin-3-O-glucosid	OCH ₃	H	Essig-/Coumar-/Kaffeensäure
Delphinidin-3-O-glucosid	OH	OH	Essig-/Coumar-/Kaffeensäure
Petunidin-3-O-glucosid	OCH ₃	OH	Essig-/Coumar-/Kaffeensäure
Malvidin-3-O-glucosid	OCH ₃	OCH ₃	Essig-/Coumar-/Kaffeensäure

Abb. 4: Strukturen der monomeren Anthocyanidine (Aglycone), der 3-O-Monoglucoside und ihrer acylierten Derivate (nach KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006).

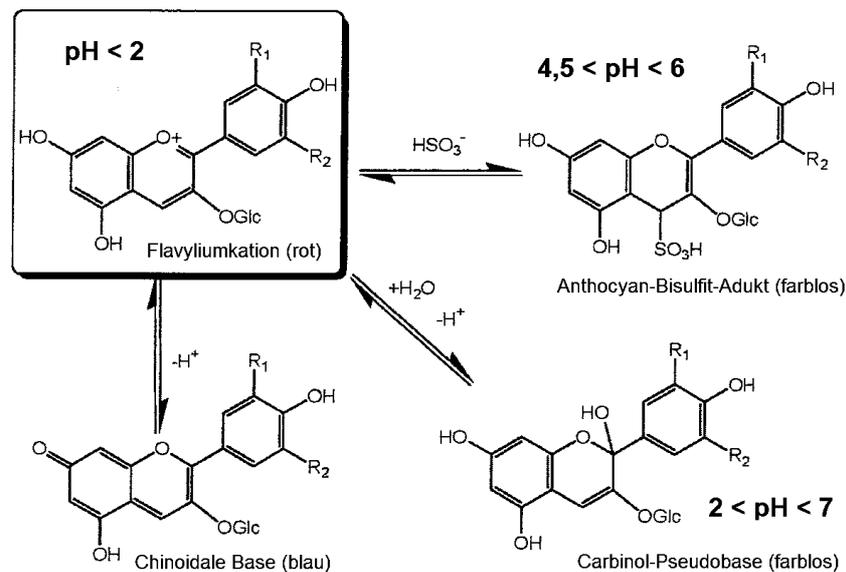


Abb. 5: Reaktionen der Anthocyane in wässriger Lösung (nach KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006).

Der pH-Wert ist von zentraler Bedeutung für die Farbe der Anthocyane. Je niedriger der pH-Wert, desto mehr liegen die Anthocyane als Flavyliumkation vor, das stark rot gefärbt ist. Mit steigendem pH-Wert geht das Flavyliumkation durch Anlagerung eines Hydroxid-Anions an das C₂-Atom mehr und mehr in die farblose Carbinol-Pseudobase über. Bei weinüblichen pH-Werten liegt demnach eine Mischung von beidem vor,

wobei der Anteil am roten Flavylumkation unter 10 % ist (vgl. CHEYNIER *et al.*, 2006). Am meisten kommt daher im Wein die farblose Carbinol-Pseudobase vor. In wässriger Lösung unterliegt das Flavylumkation außerdem einem Protonentransfer, woraus sich die Chinoidale Base mit blauer Färbung ergibt (vgl. Abb. 5). Außerdem kann das Flavylumkation mit den vorhandenen Bisulfit-Ionen zu einer ebenfalls farblosen Form reagieren. Letztere Reaktion wird auch als Sulfit-Bleichung bezeichnet (vgl. KENNEDY, SAUCIER und GLORIES, 2006).

Die monomeren Anthocyane sind sehr instabil und unterliegen folglich während der Weinbereitung verschiedenen enzymatischen und chemischen Reaktionen (vgl. Kap. 2.6). Die auf diese Art neu gebildeten Verbindungen haben oft andere sensorischen Eigenschaften, weshalb die Kenntnis über diese Reaktionsmechanismen wichtig für die Weinbereitung ist (vgl. CHEYNIER *et al.*, 2006). Dabei stehen vor allem die Farbveränderungen und die Abnahme der Adstringens durch Polymerisation der Anthocyane im Vordergrund. Polymerisierte Anthocyane sind außerdem deutlich geringer durch Oxidation angreifbar und werden auch von SO₂ schwächer gebleicht. Mit steigender Anthocyankonzentration nimmt die Farbsättigung zu und der Farbton geht von violett-bläulich zu rot (vgl. MATTIVI, ROTTENSTEINER und TONON, 2001). Bei der Extraktion von Anthocyanen stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den Konzentrationen in der Zelle und außerhalb ein. Daher werden normalerweise auch nur 30-40 % des Potentials extrahiert. Die Extraktion der Anthocyane und Proanthocyanidine aus der Schale in den Most läuft schneller ab als die Extraktion der Kern-Proanthocyanidine, da diese höhere Alkoholgehalte benötigen (vgl. CHEYNIER *et al.* 2006). Für die Praxis bedeutet das, dass die Mazeration vor der Gärung die Extraktion der Anthocyane aus der Traubenschale erhöht. Längere Maischestandzeiten im Anschluss an die alkoholische Gärung extrahieren dagegen mehr Proanthocyanidine aus den Kernen und weniger Anthocyane aus den Schalen (vgl. CHEYNIER *et al.* 1997). Die Extraktion an farblosen Polyphenolen ist neben ihrer Beeinflussung der sensorischen Qualität (vgl. Kap. 2.4.2 und Kap. 2.4.3) durch ihre Funktion als Copigmente auch für die Farbintensität und Farbstabilität der Rotweine wichtig (vgl. GARCIA-VIGUERA *et al.*, 1997). Die Copigmentierung ist als eine Art Lagerform zu sehen, wodurch mehr Anthocyane aus den Schalen herausgelöst werden und stabil in Lösung bleiben, bis die parallel aber teilweise langsamer ablaufende Polymerisierung

über kovalente Bindungen stattgefunden hat. Die Copigmentierung hilft also die Monomere aus dem System zu entfernen und somit das Extraktionsgleichgewicht weiter in Richtung Saft zu verschieben (vgl. BOULTON, 2001).

Höhere Anthocyanengehalte erhöhen die Adstringens im Wein, die Bitterkeit bleibt jedoch unbeeinflusst. (vgl. BROSSAUD, CHEYNIER und NOBLE, 2001). Die Reaktion von Anthocyanen mit Tanninen zu oligomeren Tannin-Anthocyanokomplexen führt zu einer Reduzierung der Adstringens (vgl. CHEYNIER *et al.*, 2006).

Die monomeren Anthocyane im Rotwein stellen nur noch ein Bruchteil der ursprünglichen Pigmentgehalte dar und spielen im Gegensatz zu den polymeren Anthocyanen eine untergeordnete Rolle bei der Rotweinfarbe. Zwischen den Gehalten an monomeren Anthocyanen und der Farbmessung sind daher keine eindeutigen Korrelationen zu finden. Die polymeren Anthocyane weisen dagegen eine signifikante Korrelation zu der Weinfarbe auf, wie die Untersuchungen von GAO *et al.* (1997) zu verschiedenen Vinifikationstechnologien bei der Rebsorte Spätburgunder zeigten.

Eine Korrelation zwischen den Pigmentgehalten und der sensorischen Farbbewertung kann wiederum nicht immer gefunden werden (vgl. PREYS *et al.*, 2006). Die oft fehlenden Korrelationen zwischen den gemessenen Anthocyanwerten und der sensorischen Farbbewertung lassen sich dadurch erklären, dass ab einer Konzentration von 200-300 mg/l Malvidin-3-O-glucosid eine Sättigung der optischen Wahrnehmung gegeben ist (vgl. KERENYI und KAMPIS, 1984). Bei den häufig höheren Konzentrationen im Wein können daher von den Verkostern keine Unterschiede festgestellt werden.

2.5 Oxidation der Polyphenole und ihre Bedeutung für die sensorische Weinqualität

Die Sättigungsgrenze von Sauerstoff im Wein liegt bei Raumtemperatur, d.h. 20°C, nach SINGLETON (1987) bei 6,0 ml/l bzw. 8,6 mg/l, wobei der Druck und vor allem die Temperatur diese Werte beeinflusst. Weißweine können bis zu zehnmal die Luftsättigung erfahren, bevor oxidative Schädigungen auftreten. Im Rotwein ist diese Grenze mit 180 ml O₂/l sogar das 30fache der Sättigung. Zehn Sättigungen werden von SINGLETON (1987) als notwendig zur Verbesserung der Rotweinqualität beschrieben. Im Rotwein wird der Sauerstoff nach der Sättigung innerhalb von

6 Tagen auf unter 1 mg/l reduziert, was mit den polyphenolischen Inhaltsstoffen zusammenhängt (vgl. WATERHOUSE und LAURIE, 2006). Im Verhältnis zu allen Antioxidantien im Wein sind die Polyphenole die Hauptsubstrate für die Oxidation (vgl. SINGLETON, 1987).

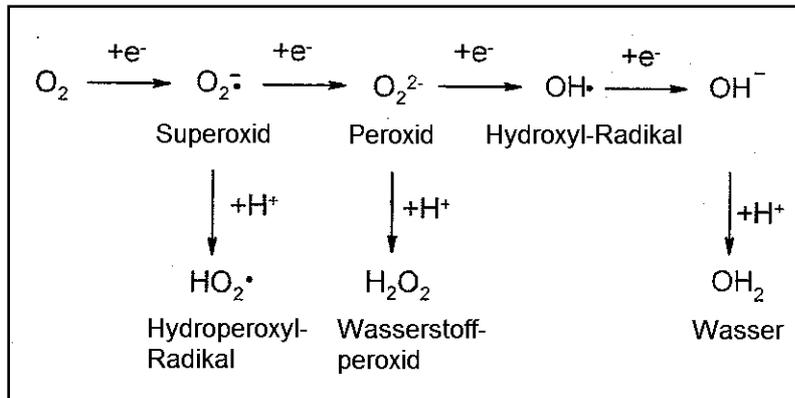


Abb. 6: Reaktionskaskade der Reduktion von Sauerstoff (nach WATERHOUSE und LAURIE, 2006)

Da Sauerstoff in seiner normalen Triplettform nicht besonders reaktiv gegenüber organischen Verbindungen ist, muss eine Aktivierung in eine reaktivere Form erfolgen. Unter Weinbedingungen geschieht dies nur durch die Einwirkung von Metallionen, vor allem Eisen (vgl. DANILEWICZ, 2007). Die Reduktion des Sauerstoffs erfolgt in verschiedenen Stufen bis hin zur freien Hydroxylgruppe (vgl. Abb. 6). Die in dieser Reaktionskaskade unter den pH-Bedingungen im Wein auftretenden Zwischenstufen werden an verschiedenen Stellen in den Reaktionsmechanismus der Oxidation von Catechinen zu Chinonen verwendet. Durch die Aktivierung von Sauerstoff entsteht unter anderem das Hydroperoxyl-Radikal welches das Catechin über den Umweg des Hydrochinon-Radikals zum Chinon und Wasserstoffperoxid oxidiert (vgl. Abb. 7). Das freie Wasserstoffperoxid kann in einem weiteren Schritt unter Einwirkung von Eisenionen zum Hydroxylradikal werden und in der Folge alle im Wein vorhanden organischen Verbindungen wie Säuren, Zucker und Alkohole oxidieren (vgl. WATERHOUSE und LAURIE, 2006). Der Oxidation von Ethanol zu Acetaldehyd kommt dabei eine besondere Bedeutung bei der Polymerisation von Anthocyanen und der damit verbundenen Farbstabilisierung von Rotweinen zu (vgl. Kap. 2.6).

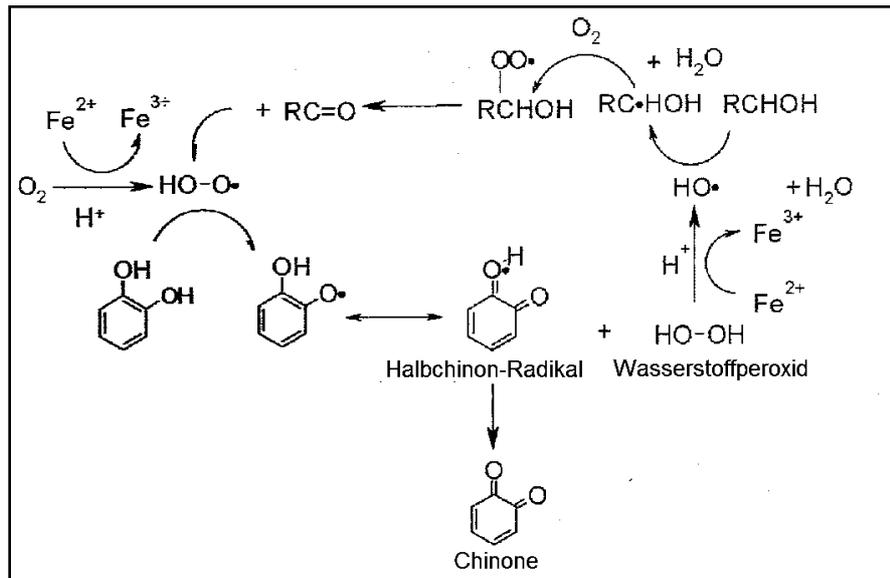


Abb. 7: Entstehungsreaktionen der primären Oxidationsprodukte der Polyphenole (nach WATERHOUSE und LAURIE, 2006)

Dieser erste Schritt der Oxidation kann wie oben beschrieben als „Autooxidation“ ablaufen oder auch durch Polyphenoloxidasen katalysiert werden. Bei der enzymatischen Oxidation, auch enzymatische Bräunung genannt, entstehen die Chinone durch enzymatische Elektronenübertragung von den Polyphenolen auf den Sauerstoff (vgl. WATERHOUSE und LAURIE, 2006). Diese enzymatischen Reaktionen laufen wesentlich schneller ab, als die nichtenzymatische Oxidation. Im Traubenmost kommen als Polyphenoloxidasen die Tyrosinase, welche nativ in der Traube vorhanden ist, und die Laccase, welche durch die Infektion durch *Botrytis cinerea* in den Traubenmost abgegeben wird, vor. Die Tyrosinase reagiert sensibler auf SO_2 , so dass sie durch eine Schwefelung inaktiviert wird. Die Laccase dagegen ist gegenüber SO_2 unempfindlich und im Vergleich zur Tyrosinase auch in ihrem Substratspektrum breiter (vgl. RITTER, 1997).

Bei der enzymatischen Oxidation wird bevorzugt die Caftar Säure aber auch die Coumarinsäure zu Chinonen oxidiert. Die Polyphenoloxidasen weisen eine größere Affinität zu den Hydroxycinnamylsäureverbindungen auf als zu den Flavonoiden, die dementsprechend langsamer umgesetzt werden (vgl. CHEYNIER, OSSE und RIGAUD, 1988). Proanthocyanidine gelten ebenfalls als schlechte Substrate für die Polyphenoloxidasen.

Die durch die Oxidation entstandenen sehr reaktiven Chinone können in Folgereaktionen drei verschiedene Reaktionswege einschlagen, die weder enzymatisch katalysiert noch der Anwesenheit von Sauerstoff bedürfen. Zum einen können Sie mit Thiolen reagieren. Im Wein ist besonders die Reaktion des Caftar-säure-Chinons mit Glutathion zu dem sogenannten Grape-Reaction-Product, das als erstes von SINGLETON *et al.* (1975) beschrieben wurde, von Bedeutung. Solange Glutathion im Most vorhanden ist, kommt es daher nicht zu einer Bräunung des Mostes, da die Chinone der Caftar-säure abgefangen werden. Die zweite Möglichkeit ist die gekoppelte Oxidation, bei der die Chinone der Phenolcarbonsäuren andere Flavonoide wie beispielsweise Proanthocyanidine, die schlechte oder keine Substrate für die Polyphenoloxidasen sind, direkt oxidieren. Die oxidierten Flavonoide können dann in weiteren Polymerisationsreaktionen zu größeren Molekülen reagieren, wobei die Folgereaktionen nach der dritten Möglichkeit, die Kondensationsreaktion der Chinone mit den Diphenolen, ablaufen. Dabei kommt es zu einer irreversiblen kovalenten Bindung, so dass neue und größere Tanninmoleküle entstehen, deren Bindungen nicht durch Säure gespalten werden können und deren Löslichkeit mit höherem Kondensationsgrad sinkt. Eine erneute Oxidation dieser kondensierten Polyphenole lässt wiederum eine chinoide Form entstehen, so dass eine weitere Kondensation mit Diphenolen möglich ist und so im Laufe der Zeit polymere Polyphenole entstehen (vgl. DANILEWICZ, 2003). Die auf diesem Wege gebildeten Oxidationsprodukte sind für die Weinqualität wegen ihrer Braunfärbung und geringeren Löslichkeit von großer Bedeutung (vgl. RIGAUD *et al.*, 1990).

Zu hohe Polyphenolgehalte im Weißwein bieten häufig die Gefahr der unerwünschten Oxidation und der Bildung brauner Farbpigmente, die sensorisch sowohl farblich als auch geschmacklich negativ beurteilt werden (vgl. PELEG *et al.*, 1999). Polyphenole sind die größten Substrate für Sauerstoff im Wein (vgl. SINGLETON, 1987), wobei die Polyphenolgehalte durch die Oxidation reduziert werden. Weine mit geringem Polyphenolgehalt widerstehen der Oxidation schlechter als Weine mit hohem Polyphenolgehalt. Es erklärt sich somit auch, dass reduktiv ausgebaute Weine bitter und adstringent bleiben, wenn sie zu hohe Polyphenolgehalte haben.

Die Gehalte an Flavan-3-olen und Phenolcarbonsäuren stehen im direkten Zusammenhang mit Bräunungsreaktionen, da sie sehr schnell zu Chinonen und

Polymeren oxidiert werden. Dabei ist die Bräunungsbereitschaft der Flavan-3-ole zehnmal höher als die der Phenolcarbonsäuren (vgl. LEE und JAWORSKI, 1989). Die enzymatische oder nicht enzymatische Bildung des Chinons ist der geschwindigkeitsbestimmende Schritt für alle nachfolgenden Reaktionen. Für die Stärke der Bräunungsneigung spielt daher auch die Höhe der verfügbaren und oxidierbaren Polyphenole eine wichtige Rolle, aber auch die Enzymkonzentration (Laccase oder Tyrosinase) hat einen Einfluss (vgl. SAPIS, MACHEIX und CORDONNIER, 1983). Wenn genügend Enzymaktivität und Polyphenole vorhanden sind, wird nur noch der Sauerstoffgehalt zum limitierenden Faktor.

Die mengenmäßig größte Gruppe der Polyphenole im Weißwein sind die Hydroxyzimtsäureester, die als Hauptsubstrate der Oxidation gelten (vgl. CHEYNIER *et al.*, 1989). Die Phenolcarbonsäuren fungieren dabei vor allem auch als Induktoren der gekoppelten Oxidation (vgl. CHEYNIER, OSSE und RIGAUD, 1988). DARIAS-MARTIN *et al.* (2000) stellten eine leichtere Oxidation der Weine aus längerem Schalenkontakt fest und führen dies auf die Polyphenole als Precursoren der enzymatischen Oxidation im Most und später der autokatalytischen Oxidation im Wein zurück. Weißweine mit hoher Bräunungsneigung stehen immer in Verbindung mit einem längeren Schalenkontakt oder mit einer härteren Traubenverarbeitung. Die Bräunung der Weißweine wird folglich durch die Art der Traubenverarbeitung beeinflusst (vgl. SINGLETON, 1987). Mit zunehmender Polymerisation der Polyphenole nimmt auch die Bräunung zu. Gleichzeitig sinkt die Löslichkeit dieser großen Moleküle und ab einer gewissen Größe fallen die braunen Pigmente aus (vgl. MOUTOUNET *et al.*, 1990). Eine gezielte Oxidation kann folglich durch frühzeitige Ausfällung helfen, spätere Bräunungen zu verhindern (vgl. CHEYNIER *et al.*, 1989). Dies wird als sogenannte Mostoxidation in der Praxis häufig durchgeführt, wenn sich ein längerer Schalenkontakt oder harte Traubenverarbeitung während der Vinifikation nicht vermeiden lassen (vgl. SCHNEIDER, 1989).

2.6 Reaktionen der Anthocyane und ihre Bedeutung für die Rotweinfarbe

Die Rotweinfarbe wird prinzipiell durch zwei grundlegende Reaktionen stabilisiert. Die Kondensation der Anthocyane zu höhermolekularen Pigmenten und die Copigmentierung (vgl. WENZEL, 1986).

Bei der direkten Kondensation verbinden sich die Anthocyane direkt mit anderen Polyphenolen (z.B. Catechinen) und bilden höhermolekulare Komplexe (vgl. REMY *et al.*, 2000). Dabei konnte schon frühzeitig ein Tannin-Anthocyanverhältnis von 1:10 als optimal bewertet werden (vgl. JURD, 1969). Der Reaktionsmechanismus für die direkte Kondensation läuft zwischen dem elektrophilen Flavylum-Kation und den nukleophilen Flavan-3-olen ab. Dabei entsteht als Zwischenprodukt ein Flav-2-en-Dimer, das durch ein weiteres Flavylum-Kation zu einem Flavylum-Flavan-Dimer oxidiert wird. Diese Reaktionen erklärt eine Möglichkeit des langsamen Einbaus der Anthocyane in die Tanninkomplexe und die damit verbundene Farbstabilisierung der Rotweine (vgl. FULCRAND *et al.*, 2006).

Die weitaus häufigere Reaktion der Anthocyane ist die Kondensation mit farblosen Polyphenolen über Acetaldehydbrücken (vgl. PONTALLIER und RIBEREAU-GAYON, 1983). Der Acetaldehyd entsteht dabei entweder während der Gärung oder aus der gekoppelten Oxidation von Ethanol durch Polyphenole (vgl. Kap. 2.5). Durch die Kondensation mit Acetaldehyd nimmt die Farbintensität zu. Die Geschwindigkeit der Kondensationsreaktionen hängt in erster Linie von den Polyphenol- und Acetaldehydgehalten ab. Beim Fehlen von Acetaldehyd konnten THORNGATE und SINGLETON (1994) feststellen, dass keine Reaktion der monomeren oder polymeren Flavan-3-ole mit den monomeren Farbpigmenten über Acetaldehydbrücken stattfindet. BARANOWSKI und NAGEL (1983) fanden heraus, dass bei geringen Acetaldehydgehalten im Wein die Acetaldehydbrückenbildung in gleichem Umfang mit der Copigmentierung abläuft. Ist Acetaldehyd dagegen in hohen Mengen verfügbar findet vorrangig die Acetaldehydbrückenbildung statt.

Die bereits erwähnte Copigmentierung ist die zweite wichtige Stabilisierungsreaktion der Anthocyane, wodurch stabile höherpolymere Komplexe entstehen. Während die Zusammenlagerung der Moleküle früher ausschließlich durch Wasserstoffbrücken-

bindungen erklärt wurde (vgl. ASEN, STEWART und NORRIS, 1972), werden heute eine ganze Reihe weiterer intermolekularer Kräfte einbezogen. Dabei zeichnen sich hydrophobe Wechselwirkungen, Charge-Transfer-Interaktionen, Wasserstoffbrücken und Van-der-Waals-Kräfte mitverantwortlich (vgl. BOULTON, 2001). Man bezeichnet die Copigmentierung auch als intermolekulares 'Stacking' (Stapeln), bei dem Anthocyane lockere Verbindungen mit Flavonoiden oder Phenolcarbonsäuren eingehen. Die Copigmentierung ist von vielen Faktoren abhängig, unter anderem von der Art und Konzentration des Copigments und des Anthocyan, vom pH-Wert, von der Temperatur und vom Medium (vgl. BOULTON, 2001). Insbesondere die räumliche Struktur der Anthocyane und Flavonoide hat einen wichtigen Einfluss auf die Copigmentierung. Das rote Flavyliumkation und die blaue chinoidale Base sind planare Moleküle und können sich daher sehr gut mit anderen planaren Molekülen (Copigmenten) zu Stapeln zusammenlagern. Als gute Copigmente gelten Phenolcarbonsäuren und Flavonoide (Flavonole, Flavone und Flavan-3-ole), wobei sich nur die monomeren Vertreter eignen. Das Flavyliumkation ist zwischen den Copigmenten vor der Hydrierung geschützt und das Gleichgewicht wird von den farblosen mehr in Richtung der roten bzw. blauen Anthocyanformen verlagert (vgl. CHEYNIER *et al.*, 2006). Gerade unter den pH-Bedingungen im Wein ist das von großer Bedeutung, da dort vorrangig die farblose hydrierte Form vorliegt (vgl. Kap. 2.4.5).

Der Vorgang der Copigmentierung trägt maßgeblich zur Stabilisierung der Anthocyane bei und führt in jungen Rotweinen zu einer Erhöhung der Rotfärbung um 30-50 % (vgl. BOULTON, 2001). Die Copigmentierung bewirkt außerdem einen Anstieg der Farbintensität (hypochromer Effekt) und eine Verschiebung des Absorptionsmaximums zu höheren Wellenlängen (bathochromer Effekt), was zur violetter bis blauer Färbung führt.

Die kondensierten Anthocyane zeigen gemäß den Ergebnissen von PONTALLIER und RIBEREAU-GAYON (1983) eine mehr in Richtung blau-violett gehende Farbe, verbunden mit einer höheren Farbintensität. Außerdem sind sie unempfindlicher gegenüber SO₂ und in ihrer Farbausprägung weniger vom pH-Wert beeinflusst. Gleiches gilt für die copigmentierten Anthocyane (vgl. BOULTON, 2001).

Neben der Anthocyan-Tannin-Reaktion kommt es im Wein durch die Reaktion von Pyruvat, Acetaldehyd oder Phenolcarbonsäuren mit den Anthocyanen zur Bildung der

Pyranoanthocyane. Diese Verbindungen sind gegenüber den Anthocyanen deutlich stabiler und farbintensiver und werden nicht durch Sulfite gebleicht. Die bekanntesten Vertreter der Pyranoanthocyane sind im Wein das Vitisin A, das aus der Reaktion zwischen Malvidin-3-O-glucosid und Pyruvat entsteht, und Vitisin B, das bei der Reaktion von Malvidin-3-glucosid mit Acetaldehyd gebildet wird (vgl. FULCRAND *et al.*, 2006).

Die von ASEN, STEWART und NORRIS (1972) schon frühzeitig beschriebene Selbstassoziation der Anthocyane konnte im Wein zwar nachgewiesen werden, in der Literatur wird ihr aber gegenüber den beiden oben beschriebenen dominierenden Polymerisationsreaktionen (Copolymerisierung und Acetaldehydbrückenbildung) keine besondere Bedeutung geschenkt und spielt daher in der Praxis nur eine unbedeutende Rolle (vgl. MAZZA, 1995).

2.7 Reaktionen der schwefligen Säure (SO₂) im Wein

Neben der antimikrobiellen Wirkung der schwefligen Säure sind vor allem auch ihre antioxidativen Effekte von Bedeutung. Im Wein liegt die schwefelige Säure aufgrund der gegebenen pH-Werte vorrangig als Bisulfid-Ion vor (vgl. WÜRDIG und WOLLER, 1989). Wie in Kapitel 2.5 beschrieben, kann der Sauerstoff in seiner Triplettform nicht direkt reagieren. Eine direkte Reaktion zwischen Sauerstoff und dem Bisulfid-Ion ist daher, analog zu den Reaktionen mit den Polyphenolen nur mittels einer Katalyse durch Metallionen (Eisen, Kupfer und Mangan) möglich (vgl. DANILEWICZ, 2003). Die auf diese Weise ablaufende Bildung des Sulfid-Radikals konnte von DANILEWICZ (2007) zwar nachgewiesen werden, führte aber in seinen Untersuchungen eher zu höheren Gehalten an gebundener SO₂. Das lässt sich durch eine vorrangige Reaktion des im Wein vorkommenden Sauerstoffs mit Ethanol zu Acetaldehyd anstatt direkt mit der schwefeligen Säure begründen. Außerdem wird vermutet, dass die Bisulfid-Radikale bevorzugt mit den Polyphenolen reagieren und somit die direkten Reaktionen zwischen Sulfite und Sauerstoff unterbunden werden. Die antioxidative Wirkung der schwefligen Säure ist demnach vorrangig auf die Reaktion mit Wasserstoffperoxid und der damit verbundenen Verringerung des Oxidationspotentials zurückzuführen und nicht auf eine direkte Reaktion mit dem Sauerstoff. Die schwefelige Säure ist im Wein

außerdem in der Lage oxidierte Polyphenole (Chinone) zu regenerieren, d.h. in die ursprüngliche Diphenolform zurückzuführen (vgl. DANILEWICZ, 2007).

Die Anwesenheit von SO₂ verzögert und verhindert somit aber auch in weitem Umfang die Polymerisierung der Polyphenole im Rotwein, indem Wasserstoffperoxid abgefangen wird und dadurch die oxidativen Polymerisationsvorgänge gehemmt werden sowie der für die Farbstabilisierung wichtige Acetaldehyd gebunden wird. Auf diese Weise beeinflusst die schwefelige Säure negativ die Farbstabilisierung von Rotweinen (vgl. TAO, DYKES und KILMARTIN, 2007). Bisulfit kann zudem auch direkt mit den roten Anthocyanmolekülen reagieren und diese in eine farblose Form überführen. Die Anthocyanidine werden somit durch beispielsweise eine Mostschwefelung als farblose Bisulfit-Adukte abgebunden (vgl. JURD, 1963; BERKE *et al.*, 1998). Die Anthocyanidin-Sulfit-Adukte sind außerdem unter den im Wein herrschenden pH-Werten (pH 3,2-4,0) stabil.

2.8 Einfluss verschiedener Vinifikationsverfahren auf die Polyphenolgehalte und die sensorische Qualität

2.8.1 Mechanische Entrappung von Trauben

Um eine bessere innerbetriebliche Transportfähigkeit des Erntegutes durch Pumpe und Schnecke zu ermöglichen, wird oftmals das Erntegut zusätzlich entrappt, d.h. das Stilgerüst von den Trauben entfernt. Der Entrappungsvorgang verursacht als zusätzlicher mechanischer Schritt in der Traubenverarbeitung meist um ca. 30-50 mg/l höhere Polyphenolgehalte im Wein und kann in Abhängigkeit von der Rebsorte (vgl. FREUND und SECKLER, 2007), der Reife, dem Fäulnisgrad und der anschließenden Traubenverarbeitung des Lesegutes häufig zu einer negativen Beeinflussung der sensorischen Weinqualität führen (vgl. SECKLER, 1997). Dem entgegen stehen die Nachteile der Rappen mit ihren polyphenolischen Inhaltsstoffen, die bei Nichtentfernung besonders im Weißwein mit stark mechanisiertem Ausbau unerwünschte Geschmacksstoffe an den Most abgeben (vgl. WEIK, 2002) und zu erhöhten Polyphenolgehalten im Wein führen (vgl. BENÍTEZ *et al.*, 2005). Zur weiteren Rationalisierung der Traubenverarbeitung wurde das Entrappen direkt mit dem Vollernter kombiniert. In Untersuchungen dazu konnten zwischen der entrappten und nichtentrappten Variante in Kombination mit der Vollernterlese bei gleich schonender

Nacharbeitung, d.h. ohne Einsatz von Schnecke und Pumpe, bisher nur geringe Unterschiede festgestellt werden (vgl. SECKLER, GAUBATZ und FREUND, 2001). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass dies vor allem für die Verarbeitung von gesundem Lesegut gilt. Die maschinelle Lese von faulem Lesegut führt dagegen zu stark erhöhten Mosttrubwerten und demzufolge zu deutlichen Qualitätseinbußen. Dies erklärt sich durch die stärkere Verletzung der Beeren während der mechanisierten Lese und dem damit verbundenen längeren und intensiveren Schalenkontakt (vgl. OUGH and BERG, 1971). Die Mosttrubgehalte (Sedimentations- und Schleudertrub, vgl. Kap. 3.4.2) werden von SECKLER (1997) daher als aussagekräftige Indikatoren für die Beurteilung der mechanischen Belastung des Lesegutes während der Traubenverarbeitung und der damit verbundenen Qualitätsminderung der Weine herangezogen.

Vor allem die Gehalte an Flavan-3-olen werden bei längerem Schalenkontakt im Weißwein erhöht, aber auch die Gehalte an Phenolcarbonsäuren steigen an (vgl. SINGLETON und TROUSDALE, 1983; DARIAS-MARTIN *et al.*, 2000). Beide Polyphenolgruppen sind aufgrund ihrer Lokalisierung in der Traube in ihren Gehalten im Most besonders durch die Art der Traubenverarbeitungstechnologie beeinflusst (vgl. SINGLETON und TROUSDALE, 1983; SCHNEIDER, 1988; FULEKI und RICARDO-DA-SILVA, 2003; KOMES *et al.*, 2007). Die Gehalte an (+)-Catechin, (-)-Epicatechin aber auch an Gallussäure können als Indikatoren für eine unerwünschte Kern- oder Rappenextraktion genommen werden (vgl. WATSON *et al.*, 1996). Die Rappen enthalten eine bedeutende Menge an Polyphenolen, vor allem Flavan-3-ole, aber auch Phenolcarbonsäuren, letztere jedoch deutlich weniger als das Fruchtfleisch der Trauben (vgl. SOUQUET *et al.*, 2000). Weine aus nicht entrapptem Lesegut weisen daher mehr Polyphenole auf, vor allem Flavan-3-ole und Proanthocyanidine (vgl. KOVAC *et al.*, 1992; SUN *et al.*, 2001). Die Flavan-3-ole aus den Rappen verursachen zu dem mehr Bitterkeit als die aus den Kernen oder Schalen (vgl. BENÍTEZ *et al.*, 2005).

2.8.2 Verfahren der Mostvorklärung

Die Mostvorklärung gilt heutzutage als ein entscheidender Schritt in der Produktion von Qualitätsweinen (vgl. WILLIAMS, OUGH und BERG, 1978; SINGLETON und TROUSDALE,

1983; PUIG-DEU *et al.*, 1996; FERNANDO, GÜELL und LÓPEZ, 1998; SECKLER, JUNG und FREUND, 2001). In der modernen Oenologie wird daher die Vergärung von trubarmen Mosten favorisiert. SECKLER, JUNG und FREUND (2000) gewannen in ihren Untersuchungen vor allem die Erkenntnis, dass zunächst nicht das Verfahren an sich, sondern der erreichte Vorklärgrad, ausgedrückt als Resttrubgehalt (%w/w), das entscheidende Qualitätskriterium ist. Dabei wurde ein Richtwert von 0,6 %w/w (vgl. SECKLER, JUNG und FREUND, 2001) oder einem Klärgrad von 50 bis 100 TE/F (vgl. SCHNEIDER, 2002b) etabliert. Bei der Verarbeitung von mikrobiologisch befallenen Lesegut sollte ein Klärgrad von < 50 TE/F angestrebt werden. Mit der Entfernung der Trubstoffe und der damit verbundenen Keimreduzierung sinkt außerdem die Gefahr für Weinfehler (vgl. GÖSSINGER, 1999).

Im Weißwein führt eine unzureichende oder überhaupt nicht durchgeführte Mostvorklärung zu negativen Geschmackseindrücken. Diese können häufig auf zu hohe Polyphenolgehalte im Most zurückgeführt werden, die sich auch noch nach der alkoholischen Gärung im Wein wiederfinden lassen (vgl. WILLIAMS, OUGH und BERG, 1978; PUIG-DEU *et al.*, 1996; NIKFARDJAM POUR, 2001). Nach durchgeführter Mostsedimentation befinden sich im Trub ca. 0,4-3,5 % mehr Polyphenole (bezogen auf die Trockenmasse) als im Trub aus Mosten ohne Mostvorklärung (vgl. WILL *et al.*, 2004). Durch die Gärung von nicht oder nur schlecht vorgeklärten Mosten kommt es daher, verbunden mit der Alkoholbildung, zu einer Rücklösung bereits ausgefallener Polyphenole aus dem Trub, die nicht abgetrennt wurden (vgl. SCHNEIDER, 1993). Zudem sind Polyphenoloxidasen überwiegend an Trubstoffe gebunden (vgl. SAPIS, MACHEIX und CORDONNIER, 1983), weshalb die frühzeitige Trubentfernung im Rahmen der Mostvorklärung zur Vermeidung einer unerwünschten Polyphenoloxidation besonders wichtig ist.

Bedingt durch die immer stärkere Industrialisierung der Weingüter wurden zur schnelleren Mostvorklärung kontinuierliche Verfahren, wie die Zentrifugation, Flotation und Filtration (vgl. Kap. 3.2.2) entwickelt und favorisiert. Gerade bei der Klärung von Mosten aus faulem Lesegut ist eine schnelle Verarbeitung verbunden mit einer schnellen Abtrennung der Trubstoffe für die Weinqualität vorteilhaft und die Separation oder Vakuumdrehfiltration ist daher der Sedimentation vorzuziehen (vgl. FERNANDO, GÜELL und LÓPEZ, 1998). Ein Übergang von unerwünschten Stoffen aus dem Trub in den Most kann somit vermieden werden (vgl. SECKLER, JUNG und FREUND,

2000). Die Vakuumdrehfiltration und auch die Separation bewirken eine stärkere Polyphenolreduzierung als die Sedimentation und damit eine Reduzierung der für die Vermeidung von Bräunung wichtigen Nichtflavonoide (vgl. PUIG-DEU *et al.*, 1996). Dabei spielt bei diesen Verfahren der stärkere Sauerstoffeintrag und die von CHEYNIER, OSSE und RIGAUD (1988) beschriebene damit verbundene Oxidation der Phenolcarbonsäuren eine wichtige Rolle. Eine eindeutige Verbindung zwischen einer möglichen negativen oxidationsbedingten Veränderung der Farbe (Extinktion bei 420 nm) und den verschiedenen Mostvorklärverfahren konnten von PUIG-DEU *et al.* (1996) dabei nicht festgestellt werden.

2.8.3 Verfahren der Rotweinvinifikation

Da die für die Rotweinqualität wichtigen Polyphenole vor allem in den Schalen und Kernen lokalisiert sind, ist die Rotweinherstellung, im Gegensatz zur Weißweinbereitung, auf einen intensiven Schalenkontakt ausgerichtet (vgl. SACCHI *et al.*, 2005). Dabei sind die unterschiedlichen Extraktionsverfahren der verarbeiteten Trauben von großer Bedeutung, um einzelne wichtige Polyphenolgruppen für eine optimale Sensorik und Farbstabilisierung zu beeinflussen (vgl. KOVAC, ALONSO und ROVILLA, 1995; GIRAD *et al.*, 1997; SUN *et al.*, 1999; ZOU *et al.*, 2002). Die wichtigsten Extraktionsfaktoren wie Alkoholgehalt, Temperatur, Bearbeitung des Tresterhutes, Mazerationszeit, Druck etc. ausnutzend, ist es daher das Ziel, möglichst viele sensorisch wertvolle Polyphenole aus den Schalen und Kernen der Traubenbeere in den Wein zu überführen (vgl. BOULTON *et al.*, 1995).

2.8.3.1 Maischegärung

Bei der Maischegärung erfolgt der Übergang der Traubeninhaltsstoffe auf dem Weg der alkoholischen Extraktion in Unterstützung mit der Gärungswärme (vgl. TROOST, 1988). Zu diesem Verfahren haben sich im Laufe der Jahre neben der traditionellen offenen Büttengärung zahlreiche neue Technologien wie z.B. Tauchertanks, Drehgärtanks, Druckfermenter (vgl. BINDER, 2000) aber auch modifizierte Gärverfahren entwickelt (vgl. WATSON *et al.*, 1996; FISCHER, 1997a; FISCHER, 1997c). Die Maischegärung bringt im Gegensatz zur Maischeerhitzung Weine mit einem kräftigen und gerbstoffbetonten Charakter hervor und eignet sich damit vor allem für die

komplexeren Rotweine mit Lagerpotential (vgl. FISCHER, 2003). Je länger der Maischekontakt, desto stärker ist die Extraktion von Catechinen und Proanthocyanidinen (vgl. KOVAC *et al.*, 1992). Die mechanische Belastung des Tresters während der Gärung verstärkt zusätzlich noch die Extraktion der Polyphenole (vgl. WATSON *et al.*, 1996). Die Maischegärung bringt gegenüber der Maischeerhitzung in der Regel Weine mit deutlich höheren Polyphenolgehalten hervor (vgl. AUW *et al.*, 1996).

Die Anthocyanextraktion erreicht ihr Maximum in den ersten Tagen der Gärung danach sinken die Gehalte wieder ab (vgl. GAO *et al.*, 1997). Das Absinken der Anthocyangehalte erklären CHEYNIER *et al.* (1997) damit, dass die Rate der Umwandlung der Anthocyane in andere polyphenolische Verbindung höher ist als die Extraktion der monomeren Anthocyane aus den Schalen. Mit steigendem Alkoholgehalt verringert sich außerdem die Löslichkeit der monomeren Anthocyane (vgl. FISCHER, 1997a). Da die Anthocyane in den Vakuolen der Zelle lokalisiert sind, müssen zwei Membranen passiert werden: die Membran der Vakuole und die der Zelle selbst. Während der Maischegärung werden durch den steigenden Alkohol- und CO₂-Gehalt in Verbindung mit der Gärwärme die Membranen durchlässiger (vgl. SACCHI *et al.*, 2005).

MAYÉN, MÉRIDA und MEDINA, (1995) fanden in ihren Untersuchungen bis zum Abpressen der Trauben einen konstanten Anstieg der Flavan-3-ole und auch der Phenolcarbonsäuren. Verantwortlich dafür sind die steigende Temperatur, der steigende Alkoholgehalt und die längere Kontaktzeit mit den Schalen (vgl. OSZMIANSKI *et al.*, 1986). Erst mit dem gebildeten Alkoholgehalt beginnt die Kernextraktion deutlich (vgl. Zou *et al.*, 2002) und die Extraktion der Flavan-3-ole aus den Kernen erhöht sich. Die Extraktion der Kerne verläuft langsamer als die der Schalen, so dass die sensorisch positiven Flavan-3-ole aus den Kernen gewöhnlich erst bei einer zusätzlichen Maischestandzeit ausreichend in den Wein gelangen (vgl. GONZÁLEZ-MANZANO, RIVAS-GONZALO und SANTOS-BUELGA, 2004).

2.8.3.2 Maischeerhitzung

Da aufgrund der klimatischen Bedingungen der nördlichen Weinbaugebiete gesundes und vollreifes Lesegut häufig schwierig zu erzeugen ist und farbintensive schlanke

Rotweine für den schnellen Genuss produziert werden sollen, hat sich das Verfahren der Maischeerhitzung zur Erzeugung dieser Rotweinstile etabliert (vgl. FISCHER, 2003). Zahlreiche Varianten der Maischeerhitzung haben sich im Laufe der Zeit entwickelt und wurden von BINDER (2000) ausführlich verglichen. Besonders bei Lesegut mit bis zu 10 % Fäulnis gilt die Maischeerhitzung ($> 50\text{ °C}$) als das Verfahren der Wahl, weil mikrobiologische Belastungen oder fäulnisbedingte, unerwünschte Enzymaktivitäten (Botrytis-Laccase) durch die thermische Behandlung unterbunden werden (vgl. TROOST, 1988). Nur so ist eine Farbstabilität bei Weinen aus infiziertem Lesegut möglich. Die Maischeerhitzung erzeugt farbstarke Weine mit fruchtigem und weniger gerbstoffbetontem Charakter, deren Reifung weniger Zeit beansprucht (vgl. BINDER, 1996).

Bei der Maischeerhitzung werden die wertgebenden Inhaltsstoffe auf Basis der thermischen Extraktion in den Wein gebracht, d.h. in erster Linie die Anthocyane, die im Gegensatz zu den Tanninen aufgrund ihrer glycosidisch gebundenen Form gut wasserlöslich sind (vgl. GAO *et al.*, 1997). Der frei ablaufende Saft aus dem Fruchtfleisch der Beere hat daher prinzipiell nur sehr wenig Flavan-3-ole. Durch die Hitzeeinwirkung platzen die Zellen auf und bewirken eine Freisetzung der Farbstoffe (vgl. AUW *et al.*, 1996; FISCHER, 1997a; SACCHI *et al.*, 2005). Die Erhitzung kann einen ähnlichen Extraktionseffekt bringen wie eine Standzeit der Maische von 18 Stunden (vgl. FULEKI und RICARDO-DA-SILVA, 2003), aber niemals so stark wie eine Maischegärung von mehr als sieben Tagen (vgl. AUW *et al.*, 1996). Die Maischerhitzung bewirkt also eine deutliche Steigerung der Farbausbeute. GIRAD *et al.* (1997) berichten bei Spätburgunder Weinen aus Oregon von doppelt so hohen Anthocyangehalten gegenüber der Maischegärung. GAO *et al.* (1997) konnten dies konkret für die Gehalte an Malvidin-3-glucosid ebenfalls bei der Analyse von Spätburgunderweinen bestätigen. Dabei zeigten die Anthocyangehalte der erhitzten Variante ihr Maximum direkt zu Beginn der Gärung mit Werten, die etwa dreimal höher als die der Maischegärung lagen. Ab dem zehnten Tag aber fand eine starke Abnahme auf nur noch ca. das 1,5-fache der Maischegärung statt. Diese Entwicklung verläuft gegensätzlich zu der einer Maischegärung, wo die Anthocyangehalte einen Peak nach drei bis vier Tagen zeigten und dann langsam abnahmen. Die Gehalte an polymeren Pigmenten waren bei beiden Verfahren identisch, so dass auch bei der Maischeerhitzung farblose Polyphenole extrahiert wurden und für die Reaktion mit den

Anthocyanen zur Verfügung standen. Durch die Erhitzung erfolgt eine Auslaugung der Schalen und der catechinreichen Kerne und damit verbunden auch eine Extraktion der Flavan-3-ole (vgl. OSZMIANSKI *et al.*, 1986).

In Weinen aus Maischeerhitzung treten im Vergleich zur Maischegärung häufig höhere Gehalte an Phenolcarbonsäuren auf und sind ein Indiz für den reduktiveren Ausbau (vgl. FISCHER und STRASSER, 1999b), der aufgrund der thermischen Inaktivierung der Polyphenoloxidasen gegeben ist (vgl. CHEYNIER *et al.*, 1989).

2.8.3.3 Kombination aus Maischeerhitzung und Maischegärung

Die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung verbindet die beiden beschriebenen unterschiedlichen Extraktionsvorgänge der Polyphenole in einem Prozessablauf (vgl. FISCHER, 2003) und bewirkt höhere Anthocyan- und Flavan-3-ol-Gehalte im Wein (vgl. KOVAC *et al.*, 1992; SUN *et al.*, 2001), sowie eine höhere Antioxidative Kapazität (vgl. NETZEL *et al.*, 2003). Bei einer Kombination von Maischeerhitzung und anschließender Gärung liegen die Gärtemperaturen höher als bei der einfachen Maischegärung. Dies verstärkt die Polyphenolextraktion während der Gärung (vgl. GAO *et al.*, 1997; GIRARD *et al.*, 1997) und ist auf eine höhere Permeabilität der Membranen und eine bessere Löslichkeit von bestimmten Polyphenolgruppen bei höheren Temperaturen zurückzuführen (vgl. SACCHI *et al.*, 2005). Höhere Anthocyangehalte und eine bessere Farbstabilität der Kombinationsvariante sind die Folge, da sowohl ausreichend Anthocyane aus den Traubenschalen als auch für die Copigmentierung wichtige Flavan-3-ole aus den Kernen extrahiert werden (vgl. GIRARD *et al.*, 1997). Höhere Gärtemperaturen fördern außerdem die Bildung stabiler polymerer Anthocyane (vgl. GAO *et al.*, 1997). BINDER (1996) und SCHNEIDER (1997) halten eine Kombination der beiden Rotweinverfahren daher für eine gute Möglichkeit, die Farbausbeute zu steigern. BLANKENHORN (2002) berichtet, dass der Verschnitt von Weinen aus beiden Verfahren gute Qualitäten hervorbringt und gegenüber den getrennt ausgebauten Varianten sensorisch besser bewertet wird.

3 Material und Methoden

3.1 Klimaverhältnisse in den Versuchsjahrgängen 2000 und 2001

Insgesamt betrachtet handelte es sich sowohl im Jahr 2000 mit 126,4 % als auch im Jahr 2001 mit 125,5 %, um zwei mehr als etwa ein Viertel niederschlagsreichere Jahrgänge als der Durchschnittswert zwischen 1961 und 1990 (=100 %).

Auf das gesamte Jahr gesehen, zeigten sich bei den Temperaturverhältnissen für die Jahre 2000 und 2001 ebenfalls höhere Werte, bezogen auf die Vergleichswerte des 30-Jahres-Durchschnitts zwischen den Jahren 1961-1990. Dabei war im Jahr 2000 eine um 14,1 % höhere Jahrestemperatursumme messbar. Im Jahr 2001 herrschten dagegen mit 8,8 % über dem Durchschnitt etwas kühlere Temperaturen. In der Summe der Sonnenscheinstunden, ebenfalls bezogen auf das gesamte Jahr, spiegelten sich diese überdurchschnittlichen Temperaturwerte nicht wider. Im Jahr 2000 schien die Sonne 2,9 % weniger als der 30-Jahres-Durchschnitt. Im Jahr 2001 war nur ein leichtes Plus von 3,3 % zu beobachten. Diese Ergebnisse sind im Anhang, Kap. 10.1 in graphischer Form dargestellt (DEUTSCHER WETTERDIENST 2000/2001).

VOGT (1987) nennt das Beerenwachstum im Juli/August und die Reifeentwicklung im Herbst als wichtige Zeitpunkte zur Beeinflussung der Traubenqualität während der Vegetationsperiode. Dort sind eine ausreichende Wasserversorgung und warme Temperaturen von entscheidender Bedeutung für die Zellteilung und auch die spätere Zuckereinlagerung während der Reifung. In beiden Jahrgängen waren diese Anforderungen gegeben. Bedingt durch die überdurchschnittlich hohen Niederschlagsmengen in den beiden Monaten September und Oktober stellte aber in beiden untersuchten Vegetationsperioden, entgegen der anfänglich guten Jahrgangsprognosen, letztendlich der Grad der Fäulnisbelastung bis zum Erreichen des Lesezeitpunktes den qualitätsbestimmenden Faktor bei der Entwicklung des Traubenmaterials dar (vgl. BOOß, 2001; LORENZ, 2001).

DITTRICH (1987) und TROOST (1988) unterscheiden aufgrund des Mostgewichtes, d.h. Zuckergehalt der Beeren zum Zeitpunkt der Infektion mit *Botrytis cinerea*, ob sich Edelfäule oder Sauerfäule an den Trauben bildet. Edelfäule entsteht nur auf überreifen Trauben und bei trockener Witterung, da es nur unter diesen Bedingungen zu

positiven Konzentrationsvorgängen an den Trauben kommen kann. Aufgrund des in Abb. 8 bis Abb. 11 dargestellten Witterungsverlaufes in beiden Jahrgängen ist eine Edelfäule auszuschließen, da die übermäßigen Niederschlagsmengen diese Art Konzentrationsprozesse nicht zuließen und aufgrund der feuchten und warmen Witterung eher eine negative Fäulnisbelastung durch Sekundärinfektionen gefördert wurde. Sekundärfäuleerreger können die Beerenhaut nicht eigenständig durchdringen und sind daher auf Wunden oder geschwächtes Gewebe angewiesen. Die durch *Botrytis cinerea* bereits verletzte Beeren waren anfälliger gegen Sekundärinfektionen, so dass Grünfäule, hervorgerufen durch Penicilliumarten, oder durch wilde Hefen verursachte Essigfäule, die Oberhand gewann (vgl. HARMS und WALTER, 2006).

Im Folgenden sind die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse der beiden Versuchsjahre jeweils im Vergleich mit den Normalwerten aus dem Zeitraum 1961-1990 gegenübergestellt (vgl. Abb. 8 bis Abb. 11). Bei der Betrachtung der Monatswerte für Niederschläge und Temperatur, sind trotz der oben beschriebenen ähnlichen Gesamtjahreswerte in beiden Jahrgänge wichtige Unterschiede in der Jahresverteilung zu erkennen.

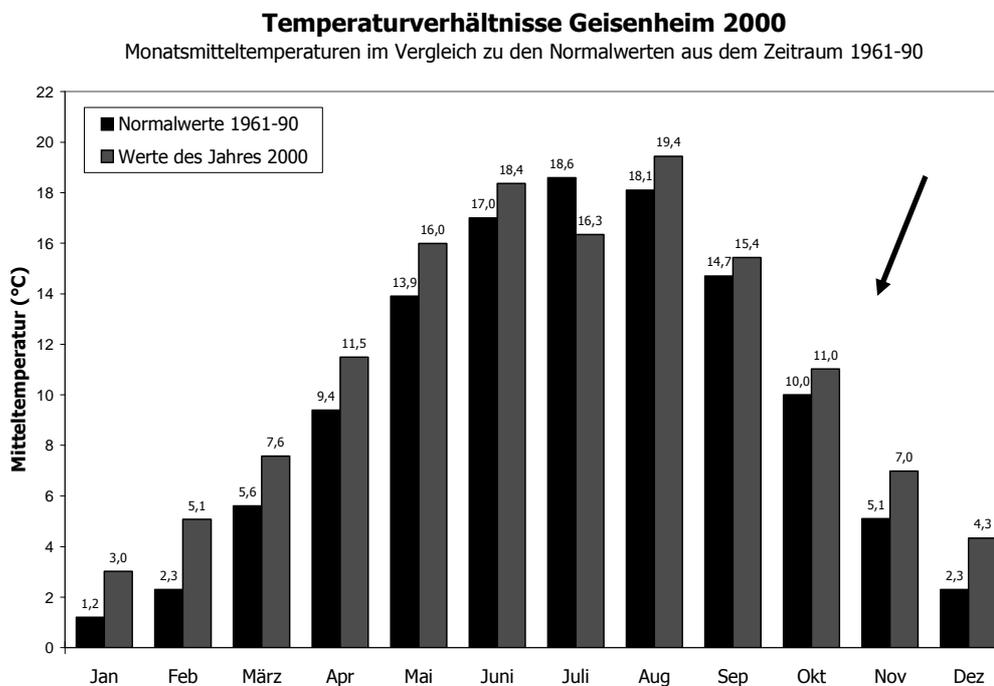


Abb. 8: Darstellung der Temperaturverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2000 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2000 – Außenstelle Geisenheim)

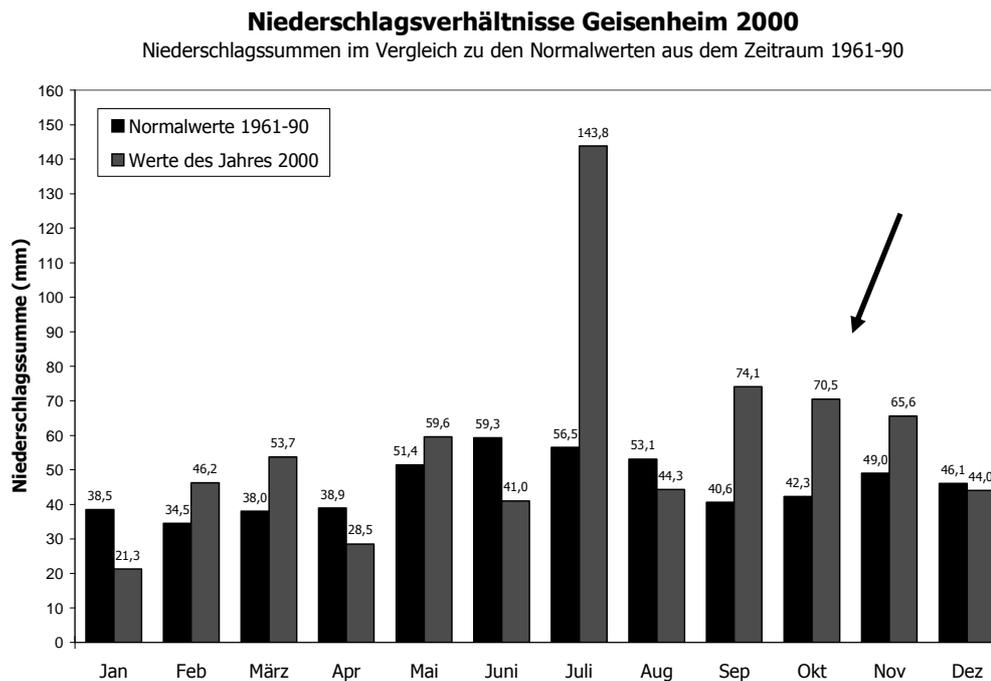


Abb. 9: Darstellung der Niederschlagsverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2000 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2000 – Außenstelle Geisenheim)

Für den Zustand des Lesegutes, d.h. speziell die Fäulnisbelastung und der Reifegrad, sind besonders die letzten Wochen vor der Lese entscheidend (vgl. VOGT, 1987). Wie Abb. 8 und Abb. 9 zeigen, fielen in 2000 im September und Oktober bei gleichzeitig um 0,7-1 °C höheren Monatsmitteltemperaturen (bezogen auf die Durchschnittswerte von 1961-1990) deutlich mehr Niederschläge (166,7 bis 182,5 %). Die wärmeren Temperaturen förderten zwar einerseits die Reifung der Beeren aber in Verbindung mit den hohen Niederschlagsmengen in den Monaten September und Oktober kam es im Jahr 2000 auch zu idealen Bedingungen für Pilzinfektionen (vgl. LORENZ, 2001). Die Folge war eine sehr starke Fäulnisbildung an den Trauben, die vor allem durch die sogenannte Grünfäule, hervorgerufen mehrheitlich durch *Penicillium expansum*, geprägt war und zu einer sehr starken Qualitätsminderung des Lesegutes führte (vgl. HARMS und WALTER, 2006).

Im Jahrgang 2001 zeigte sich im Zeitraum vor der Lese im Rheingau ein ähnliches Bild wie im Jahr zuvor, allerdings nicht so stark ausgeprägt. Es konnten auch im September 2001 deutlich höhere Niederschlagsmengen verzeichnet werden (187,7 %), allerdings fiel im Oktober, d.h. kurz vor oder während der Lese etwa 14,4 % weniger Niederschlag, bezogen auf die Durchschnittswerte (vgl. Abb. 11).

Somit war die Regenmenge in der Phase der hohen Pilzanfälligkeit der Trauben unmittelbar vor der Lese geringer.

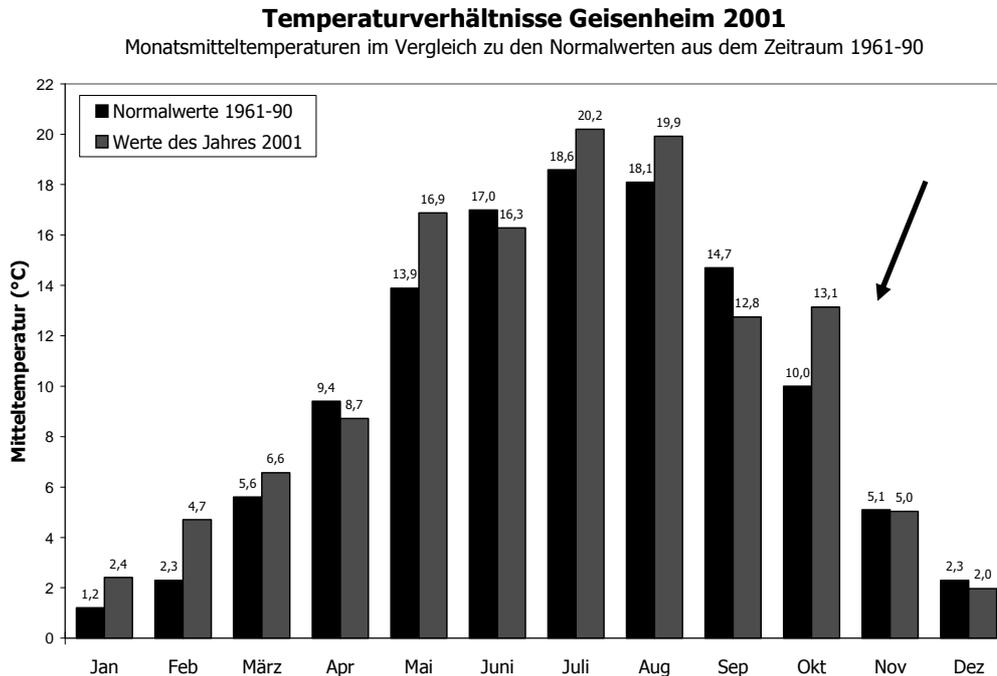


Abb. 10: Darstellung der Temperaturverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2001 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2001 – Außenstelle Geisenheim)

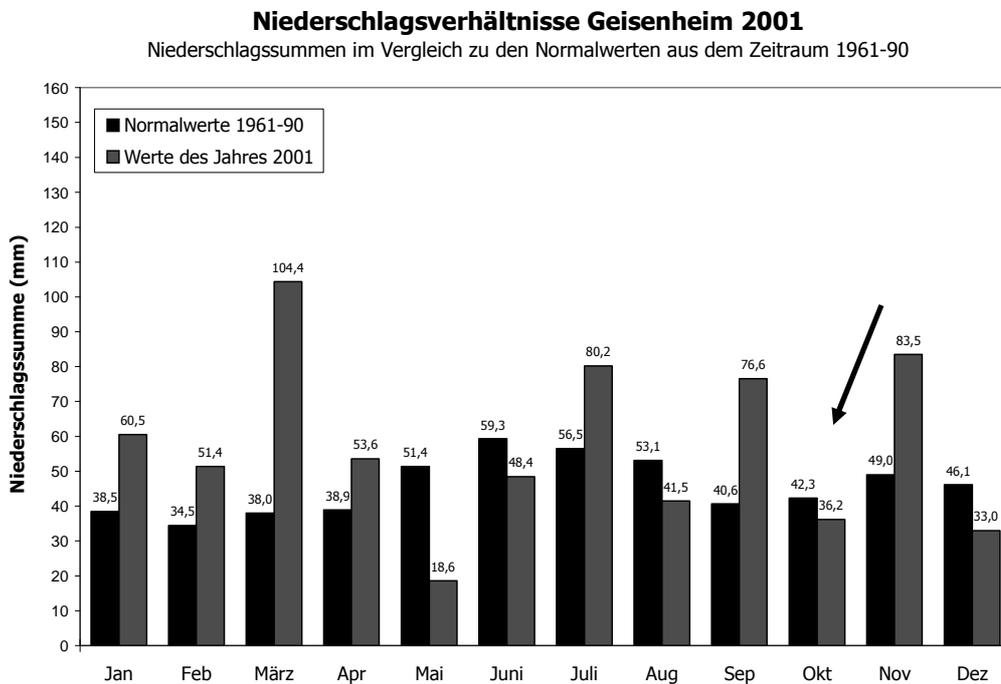


Abb. 11: Darstellung der Niederschlagsverhältnisse in Geisenheim im Versuchsjahr 2001 (Quelle: Deutscher Wetterdienst 2001 – Außenstelle Geisenheim)

Begünstigend kam im Jahr 2001 noch der zur Feuchtigkeit gegensätzliche Temperaturverlauf in den Monaten September und Oktober hinzu. Im September

konnte gleichzeitig mit den hohen Niederschlagsmengen eine um 2 °C niedrigere Monatsmitteltemperatur gemessen werden (vgl. Abb. 10). Im Oktober herrschte eine um 3,1 °C höhere Monatsmitteltemperatur bei dagegen niedrigen Niederschlagsmengen, was die letzten Reifevorgänge vor der Lese positiv beeinflusste und eine Unterdrückung der weiteren Fäulnisentwicklung bewirkte (vgl. BOOß, 2001).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das für die Versuche dieser Arbeit verwendete Traubenmaterial in beiden untersuchten Jahrgängen deutlich durch Fäulnis geschädigt war. Im Jahr 2000 trat besonders stark Grün- und Essigfäule auf (vgl. LORENZ, 2001). In der Vegetationsperiode 2001 war die Qualität des Traubenmaterials im Vergleich zum Vorjahr besser, da die höheren Temperaturen, verbunden mit einer besseren Reifung der Beeren, einen gewissen Eintrocknungseffekt der vorhandenen Fäulnis bewirkten (vgl. BOOß, 2001).

3.2 Versuchswinausbau für Weißwein

3.2.1 Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappungsvorgang

Die Ergebnisse dieser Versuchsanstellung wurden im *Deutschen Weinbau-Jahrbuch* publiziert (vgl. KÖNITZ *et al.*, 2003; s. auch Kap. 9: Eigene Publikationen).

Die Traubenlese wurde mit Hilfe einer vollautomatischen Lesemaschine (Traubenvollernter) mit integriertem Entrapper zur Entfernung des Stilgerüstes der Trauben durchgeführt. Neben einem bedarfsmäßigen Zu- bzw. Abschalten, konnte ein horizontales Arbeiten des Entrappers über eine elektrische Neigungsverstellung gewährleistet werden.

Für die vorliegende Arbeit wurden ein Versuchsansatz aus dem Jahr 2000 und zwei aus 2001 (frühe und späte Lese) zu dem Themenschwerpunkt Entrappung von Vollernterlesegut durchgeführt (vgl. Abb. 12). Als Versuchsflächen standen Rieslinganlagen aus dem Weinanbaugebiet Rheingau zur Verfügung. Zur besseren Vergleichbarkeit des Erntegutes wurde in der jeweiligen Lage jede zweite Zeile mit bzw. ohne Entrapper geerntet.

Die aus diesen Trauben gewonnenen Moste wurden mit 30-40 mg/l SO₂ versetzt und nach 18 Stunden Sedimentationszeit mittels Pumpe über den Klarablauf vorgeklärt.

Die Mostproben wurden direkt nach den jeweiligen Verarbeitungsschritten entnommen und analysiert.

Weiter wurde jede Variante im Versuchswinausbau des Fachgebietes für Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim in 350 Liter fassenden Edelstahl tanks unter standardisierten Bedingungen zu Wein ausgebaut (vgl. Anhang, Kap. 10.2). Nach dreimonatiger Lagerung (15 °C) in grünen Flaschen mit Schraubverschluss wurden die Weinanalysen durchgeführt. Die Verkostungen der Versuchsweine fanden nach zehn Monaten Lagerung statt.

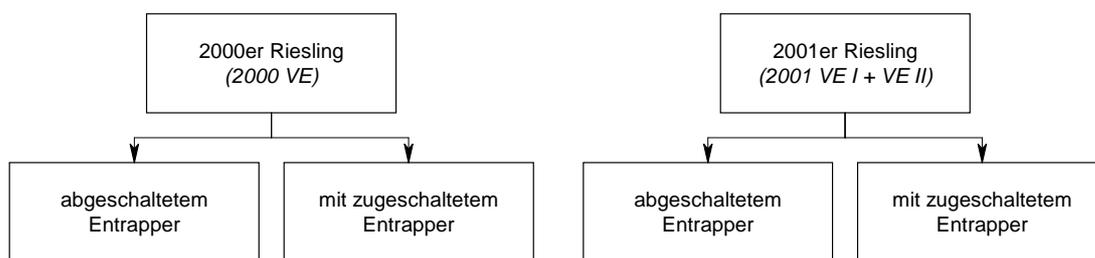


Abb. 12: Versuchsanstellungen zur Vollernterlese mit bzw. ohne Entrapper bei der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001

3.2.2 Verfahren der Mostvorklärung

Die Ergebnisse dieser Versuchsanstellung wurden in den *Mitteilungen Klosterneuburg* publiziert (vgl. KÖNITZ *et al.*, 2003; s. auch Kap. 9: Eigene Publikationen).

Um den Einfluss verschiedener Mostvorklärverfahren zu untersuchen, wurden zwei Versuchsansätze aus dem Jahr 2000 und einer aus 2001 durchgeführt. Die jeweiligen aus vergleichbarer Traubenverarbeitung stammenden Gesamtmostmengen der drei Versuchsansätze wurden in einem Puffertank mit 30-40 mg/l SO₂ versetzt, homogenisiert und auf die nachfolgend beschriebenen Varianten verteilt (vgl. Abb. 13).

Kontrollvariante: Es wurde keine Mostvorklärung durchgeführt und der homogenisierte Most direkt zur Gärung angesetzt.

Vorklärung mittels Separator: 600 Liter Most wurden mit einem selbstaustragenden Tellerseparator (Westfalia, TYP SB 14, Maximalleistung 8000 l/h) mit einer Leistung von ca. 1500 l/h vorgeklärt.

Vorklärung mittels Flotation: Mit einem speziell in Geisenheim entwickelten technischen Aufbau zur Druckentspannungsflotation (vgl. SECKLER, JUNG und FREUND, 2001) wurden 600 Liter des homogenisierten Mostes flотиert. Als Flotationsgas wurde Luft verwendet. Durch Umwälzung des Mostes über eine Belüftungsarmatur mit eingebauter Edelstahlsinterkerze wurde Luft bis zu einem Absolutdruck von 6 bar zugeführt. Nach Entspannung im Flotationstank wurde der klare Most nach 30-60 Minuten Wartezeit mittels Pumpe über den Restablauf abgezogen.

Sedimentation: Nach 18 Stunden Sedimentationszeit wurde der klare Most über den Klarablauf mittels Pumpe vom Süßstrub abgetrennt.

Filtration: Mit einem Vakuumdrehfilter (SEN, Typ Monoblock) mit einer Filterfläche von 2 m² wurden ebenfalls 600 Liter Most bei einer Filterleistung von 450 l/m²·h und einem Unterdruck von 0,6 bar vorgeklärt. Mit 10 kg Perlite (glasartiges Filtermaterial aus Aluminiumsilikat) wurde ein Filterkuchen von ca. 21 mm Dicke angeschwemmt. Der Perliteverbrauch inkl. Grundanschwemmung lag bei 7,5-9 kg/1000 l.

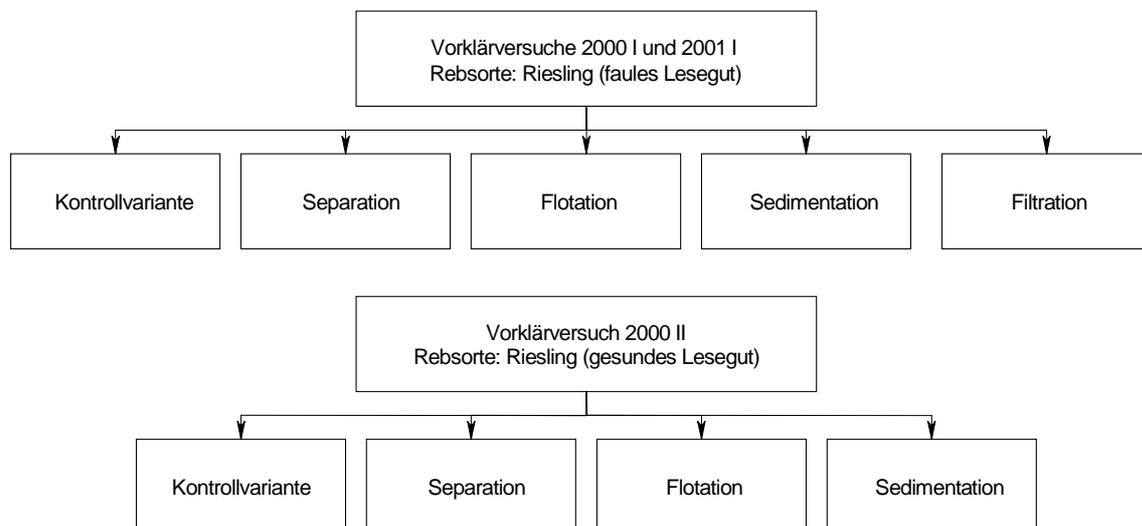


Abb. 13: Versuchsanstellungen zur Mostvorklärung der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001

Die Mostproben wurden direkt nach den jeweiligen Verarbeitungsschritten entnommen und analysiert. Anschließend wurde jede Variante im Versuchswinausbau des Fachgebietes Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim in 350 Liter fassenden Edelstahltanks bzw. Glasballons von 50 Liter unter standardisierten Bedingungen zu

Wein angebaut (vgl. Anhang, Kap. 10.2). Nach dreimonatiger Lagerung (15 °C) in grünen Flaschen mit Schraubverschluss wurden die Weinanalysen durchgeführt. Die Verkostungen der Versuchsweine fanden nach zehn Monaten Lagerung statt.

3.3 Versuchsweinausbau für Rotwein

Die Ergebnisse dieser Versuchsanstellung wurden in geringen Auszügen im *Journal of Food Engineering* publiziert (vgl. NETZEL *et al.*, 2003; s. auch Kap. 9: Eigene Publikationen).

Bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc wurde ein Vergleich zwischen Maischegärung und Maischeerhitzung sowie der Kombination beider Vinifikationsverfahren durchgeführt. Die Lese der blauen Versuchstrauben erfolgte in beiden Jahren zu Beginn der zweiten Oktoberhälfte. Das selektionierte Lesegut beider Rebsorten aus dem Weinanbaugebiet Rheingau wurde in Einheitsbütten im Kelterhaus angeliefert und entrappt. Nach diesem Prozessschritt wurden die entrappten Trauben nach Rebsorten getrennt auf drei Gärbütten (jeweils 1050 kg) homogen verteilt. Im Jahrgang 2000 wurden stark faule Trauben beider Rebsorten bereits im Weinberg aussortiert und das Lesegut mit einem Fäulnisgrad von ca. 10 % angeliefert. Die Traubenpartie für die Variante der Maischegärung, sowohl beim Spätburgunder als auch beim Cabernet Franc, wurde weiterhin nach Reife und Fäulnisgrad selektioniert. Im Folgejahr wurde für alle drei Varianten von beiden Rebsorten komplett gesundes, selektioniertes Lesegut verwendet. Die auf diese Weise entstandenen drei Traubenpartien pro Rebsorte und Jahrgang wurden zum Vergleich der drei Versuchsvarianten, wie in Abb. 14 dargestellt, weiterbehandelt.

Bei der Rebsorte Spätburgunder wurden in beiden Versuchsjahren 2000 und 2001 an ausgewählten Prozessstufen der in diesem Themenabschnitt verglichenen Rotweinvinifikationsverfahren (vgl. Anhang, Kap. 10.4.3) Most- bzw. Weinproben genommen. In diesen Proben wurden die Polyphenolgehalte zur Prozesskontrolle der technologischen Beeinflussung untersucht.

3.3.1 Maischegärung

Zur Einleitung der Gärung wurde die Maische mit einer Reinzuchtheife der Gattung *Saccharomyces cerevisiae* (20 g/hl) beimpft. Nach Beendigung der alkoholischen Gärung (14 Tage) erfolgte das Abpressen auf einer Willmes WP 1000 Schlauchpresse und die Beimpfung mit Milchsäurebakterien der Gattung *Oenococcus oeni* (2 g/hl) zur Einleitung des biologischen Säureabbaus. Nach Beendigung der malolaktischen Gärung erfolgten eine SO₂-Gabe von 60 mg/l und die Reifung im Glasballon (50 l) über 11 Wochen. Im Anschluss wurden die Weine nach einer Schichtenfiltration (K 300) in grüne Glasflaschen mit Schraubverschluss abgefüllt.

Die Flaschen wurden im Keller bei 15 °C gelagert und nach drei Monaten zur Analyse und nach zehn Monaten zur Verkostung entnommen.

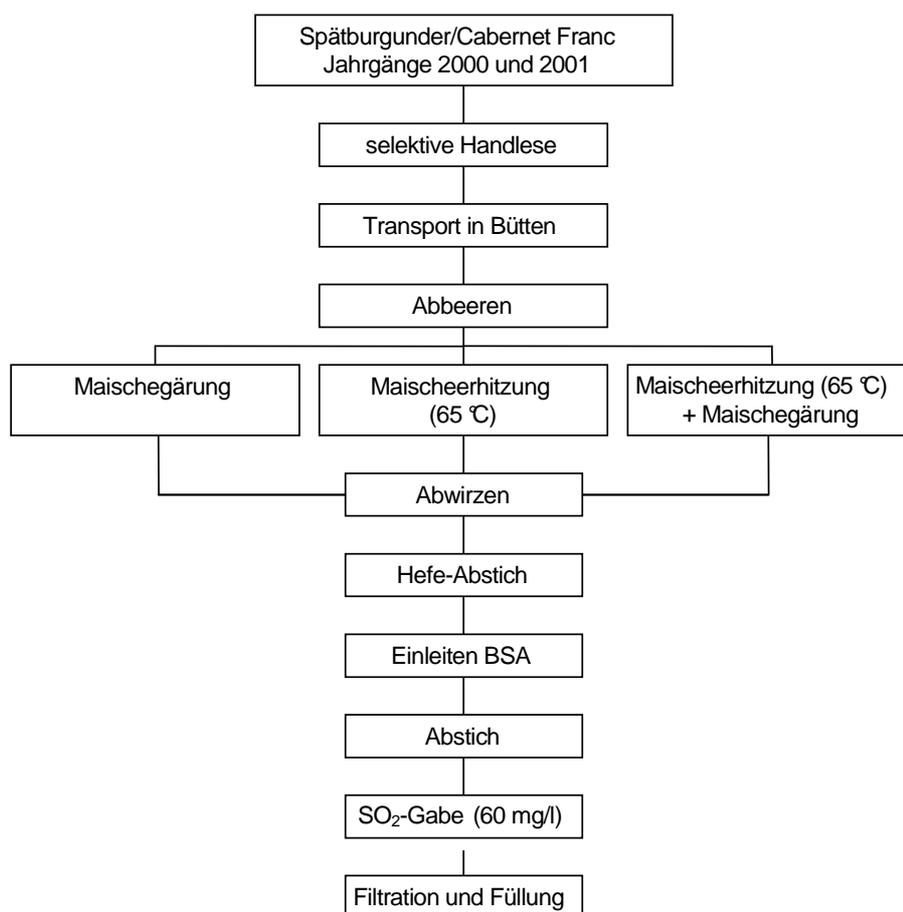


Abb. 14: Versuchsrotweinausbau bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

3.3.2 Maischeerhitzung

Die entrappte Maische wurde auf eine Temperatur von 65 °C mit einer mit Dampf beheizten Spirale erhitzt. Die Abkühlung auf ca. 30 °C erfolgte über Nacht. Danach wurde abgepresst und nach der Beimpfung mit Reinzuchthefen der Gattung *Saccharomyces cerevisiae* (20 g/hl) die Gärung eingeleitet. Nach einer 14-tägigen Gärung wurde mit *Oenococcus oeni* (2 g/hl) der biologische Säureabbau gestartet und anschließend nach der gleichen Weise verfahren wie bei der Variante der Maischegärung (vgl. Kap. 3.3.1).

3.3.3 Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung

Die entrappte Maische wurde ebenfalls auf 65 °C erhitzt und über Nacht auf ca. 30 °C abgekühlt. Danach wurde die Maische mit der auch bei den beiden übrigen Varianten verwendeten Hefe *Saccharomyces cerevisiae* (20 g/hl) beimpft und die Gärung eingeleitet. Nach der 14-tägigen Gärung erfolgte der Abpressvorgang. Die weitere Behandlung wurde nach dem in Kap. 3.3.1 erläuterten Schema fortgeführt.

3.4 Analysenmethoden

3.4.1 Allgemeine weinanalytische Parameter

Die folgenden analytischen Kennzahlen der Versuchsmoste und -weine wurden nach den standardisierten Methoden in TANNER und BRUNNER (1987) bestimmt:

- Alkohol (berechnet aus der Dichte 20/20 und der Refraktionszahl)
- Zuckerfreier Extrakt (berechnet aus der Dichte 20/20 und der Refraktionszahl)
- Mostgewicht/Dichte (Biegeschwinger)
- Zuckergehalt (nach *Rebelein*)
- Titrierbare Gesamtsäure (als Weinsäure)
- pH-Wert
- freie und gesamte SO₂ (jodometrische Titration)
- flüchtige Säure

Die Gehalte an Milchsäure und Äpfelsäure (zur BSA-Kontrolle im Rotwein) wurden enzymatisch nach den Analysenvorschriften der Enzym-Testkits L-Lactat und L-Malat von Boehringer Mannheim/R-Biopharm (www.r-biopharm.de) ermittelt.

3.4.2 Bestimmung der Trubgehalte in den Versuchsmosten

3.4.2.1 Sedimentationstrub

In 500 ml Standzylinder mit graduierter Skala wurde nach ca. 18 h Standzeit der sedimentierte Trubanteil in Volumenprozent (%v/v) abgelesen (vgl. SECKLER, 1997).

3.4.2.2 Schleudertrub/Resttrub

Nach der Zentrifugation einer genau gewogenen Mostmenge bei 3700 U/min über eine Zeit von zehn Minuten wurde das Sediment exakt von der Klarphase getrennt und gewogen. Anhand der Gewichts Differenz zwischen Most und Sediment wurde der Schleudertrub in Gewichtsprozent (%w/w) errechnet. Als Resttrub bezeichnet man den Schleudertrubgehalt nach der Mostklärung (vgl. SECKLER, 1997).

3.4.3 Farbmessung

Die Farbe bzw. Farbveränderung wurde im Weißwein als Extinktion bei 420 nm und im Rotwein als Extinktionen bei 420 nm, 520 nm und 620 nm in einem Spektralphotometer (SHIMADZU UV-210 A) bei einer Schichtdicke von 1 cm gegen Luft gemessen. Die Extinktionsergebnisse wurden für die Beurteilung der Rotweinfarbe zu den Parameter Farbintensität (Summe) und Farbnuance (420/520 nm) verrechnet.

3.4.4 Nasschemische Analysenmethoden zur Bestimmung der polyphenolischen Weininhaltsstoffe und der Antioxidativen Kapazität

Alle Analysen der polyphenolischen Inhaltsstoffe sowie der Antioxidativen Kapazität (TEAC-Wert) wurden in Doppelbestimmung durchgeführt und als Mittelwerte beider Messergebnisse, unter Angabe der Standardabweichung, graphisch dargestellt.

3.4.4.1 Aussagekraft der Bestimmungsmethode nach *Folin-Ciocalteu*

Die Methode der sogenannten Gesamtphenolbestimmung nach *Folin-Ciocalteu* steht immer wieder bezüglich ihrer Aussagekraft in der Diskussion. Im Weinbereich hat sich die Methode dennoch seit vielen Jahren etabliert und liefert häufig leichter zu interpretierende Werte als die HPLC-Messung vieler Einzelsubstanzen, deren

Zusammenhang zu technologischen Gegebenheiten oft schwierig zu beurteilen ist (vgl. SINGLETON, ORTHOFER und LAMUELA-RAVENTÓS, 1999). DE BEER *et al.* (2004) beschreiben die Gesamtpolyphenolbestimmung nach *Folin-Ciocalteu* trotz ihrer unspezifischen Reaktion als gut reproduzierbare und leicht anzuwendende Methode, die von allen Gesamtpolyphenolbestimmungen bisher am besten überprüft wurde (vgl. HARBERTSON und SPAYD, 2006). Außerdem steht bereits eine sehr große Datenmenge zur vergleichenden Absicherung der Ergebnisse zur Verfügung (vgl. HUANG, OU und PRIOR, 2005). Vor dem Hintergrund dieses sehr hohen Kenntnisstandes der Methode und bei Berücksichtigung der möglichen Störfaktoren führt nach SINGLETON, ORTHOFER und LAMUELA-RAVENTÓS (1999) die Methode nach *Folin-Ciocalteu* bei der Weinanalyse zu sehr informativen Werten. Eine Interpretation der Ergebnisse ist allerdings nur bei Vergleichsmessungen von Proben innerhalb einer engen Versuchsserie, wie im Rahmen dieser Arbeit stets geschehen, zuverlässig.

Die Methode nach *Folin-Ciocalteu* basiert nicht auf einer direkten Reaktion mit den Polyphenolen, sondern vielmehr auf der Messung der Antioxidativen Kapazität. Die Bezeichnung der Methode als Gesamtpolyphenolbestimmung ist daher nicht ganz korrekt. Bei der Bestimmungsmethode handelt es sich um eine Redoxreaktion, die eine Elektronenaufnahme des Molybdäns im *Folin-Ciocalteu*-Reagenz aus der Oxidation der Polyphenole im alkalischen Milieu und einer entsprechenden Blaufärbung bewirkt (vgl. HUANG, OU und PRIOR, 2005). Diese Blaufärbung wird mittels einer Eichgerade in einen linearen Zusammenhang mit dem Gehalt einer polyphenolischen Referenzsubstanz (Gallussäure oder (+)-Catechin) gebracht und damit die Antioxidative Kapazität in einen Gesamtpolyphenolgehalt umgerechnet. Die häufig gefundene sehr gute Korrelation mit anderen Methoden zur Messung der Antioxidativen Kapazität, wie beispielsweise den TEAC-Wert, ist daher sehr gut nachvollziehbar.

Gegenüber den Bestimmungsmethoden auf Basis der UV-Adsorption oder den colorimetrischen Messungen mit Eisensalzen ist die Reaktion mit *Folin-Ciocalteu*-Reagenz besser reproduzierbar und weniger störanfällig (vgl. SINGLETON, ORTHOFER und LAMUELA-RAVENTÓS, 1999). Die dennoch existierenden Störfaktoren der Methode wurden ausführlich untersucht und mögliche Abhilfen beschrieben (vgl. SCHOLTEN und KACPROWSKI, 1993; SINGLETON, ORTHOFER und LAMUELA-RAVENTÓS, 1999). Insbesondere hohe Zuckergehalte, Ascorbinsäure und die schweflige Säure stehen bei der

Anwendung im Weinbereich im Vordergrund. Störungen der Messung durch hohe Zuckergehalte können, wenn nötig, mithilfe entsprechender Korrekturfaktoren ausgeglichen werden. Die Restzuckergehalte der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Weine lagen aber alle sehr niedrig, so dass von diesem Faktor keine Störung der Folinmessung zu erwarten war. Bei den Analysen im Mostbereich waren die Zuckergehalte innerhalb der verglichenen Versuchsserien identisch, so dass eine Erhöhung der Messwerte die Unterschiede zwischen den Varianten nicht verzerrte. Die Anwesenheit von nicht im Wein natürlich vorkommenden und daher zugesetzten Antioxidantien wie Ascorbinsäure oder SO₂ können bei der Durchführung der Methode durch eine frühzeitige Blaufärbung erkannt werden (vgl. SINGLETON, ORTHOFER und LAMUELA-RAVENTÓS, 1999). Durch die Zugabe von Acetaldehyd oder Wasserstoffperoxid können diese Störfaktoren im Bedarfsfall vor der Messung entfernt und eine Ergebnisverzerrung vermieden werden (vgl. SCHOLTEN und KACPROWSKI, 1993). Im Rahmen der in dieser Arbeit analysierten Weine wurden die geschwefelten Proben vor der Gesamtpolyphenolbestimmung nach *Folin-Ciocalteu* entsprechend mit Wasserstoffperoxid versetzt (vgl. Kap. 3.4.4.2).

3.4.4.2 Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu*

Chemikalien:

- *Folin-Ciocalteu*-Reagenz (Merck, Darmstadt)
- Natriumcarbonatlösung gesättigt (200 g/l)
- (+)-Catechin

Probenvorbereitung:

Bei einem Gesamtpolyphenolgehalt > 1000 mg/l wurden die Proben 1:5 mit destilliertem Wasser verdünnt. Bei darunterliegenden Gesamtpolyphenolgehalten konnten die Proben direkt zur Analyse verwendet werden. Trübe Proben wurden vor der Analyse mittels Zentrifugation geklärt.

Störende Substanzen wie schweflige Säure oder Ascorbinsäure wurden durch die Zugabe von Wasserstoffperoxid (10 µl auf 5 ml Probe) eliminiert (vgl. SCHOLTEN und KACPROWSKI, 1993; RITTER, 1997).

Messung (modifizierte Vorschrift nach RITTER (1997) auf der Grundlage von SINGLETON und ROSSI (1965):

8,4 ml destilliertes Wasser (bei Reagenzienblindwert 8,5 ml destilliertes Wasser)

+ 0,1 ml Probe

+ 0,5 ml *Folin-Ciocalteu*-Reagenz

mischen und 3-6 Minuten stehen lassen

+ 1,0 ml gesättigte Natriumcarbonatlösung

nach 60 Minuten die Extinktion bei 720 nm in 1 cm Einmalküvetten gegen den Reagenzienblindwert messen.

Berechnung und Angabe der Ergebnisse:

Die Berechnung erfolgte anhand einer Eichgeraden mit der Bezugssubstanz (+)-Catechin, die mit $r^2=0,9991$ zwischen 0 und 1000 mg/l linear ist (vgl. Anhang, Kap. 10.3). Die Angabe der Ergebnisse erfolgte in mg/l Catechin ohne Dezimale.

Reproduzierbarkeit:

Die Reproduzierbarkeit der Methode liegt nach RITTER (1997) mit einem Variationskoeffizient von 0,022 bei $\pm 2,2$ %. Zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit wurde ein Apfelsaft zehnmal gemessen.

3.4.4.3 Nichtflavonoide/Flavonoide

Chemikalien:

- *Folin-Ciocalteu*-Reagenz (Merck, Darmstadt)
- Natriumcarbonatlösung gesättigt (200 g/l)
- (+)-Catechin
- verdünnte Salzsäure (1:4)
- Formalin-Lösung (4 %ig)

Probenvorbereitung (vgl. TANNER und BRUNNER, 1987) auf der Grundlage von KRAMLING und SINGLETON (1969):

10 ml der Probe wurden mit 5 ml verdünnter Salzsäure und 5 ml Formalin-Lösung versetzt und in ein Schnappdeckelglas gegeben. Die verbliebene Luft wurde mit

Stickstoff vertrieben. Anschließend wurde das Schnappdeckelglas geschlossen und 24 Stunden bei Raumtemperatur im Dunkeln stehen gelassen. Der klare Überstand wurde am nächsten Tag mit einem Membranfilter (0,45 µm) abfiltriert. Trübe Proben wurden vor der Analyse mittels Zentrifugation geklärt.

Die weitere Messung erfolgte nach der in Kap. 3.4.4.2 beschriebenen Methode. Dabei wurden entsprechend der Verdünnung während der Ausfällung mit Salzsäure und Formalin-Lösung 0,2 ml des Filtrates zur Analyse verwendet.

Berechnung und Angabe der Ergebnisse:

Der Gehalt an Nichtflavonoiden wurde anhand einer Eichgeraden der Bezugssubstanz (+)-Catechin (vgl. Anhang, Kap. 10.3), die zwischen 0 und 1000 mg/l linear ist ($r^2=0,9991$) ermittelt. Die Differenz zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt und der bestimmten Menge an Nichtflavonoiden entspricht dem Flavonoidgehalt. Die Angabe der Ergebnisse erfolgte in mg/l Catechin ohne Dezimale (vgl. TANNER und BRUNNER, 1987).

Reproduzierbarkeit:

KRAMLING und SINGLETON (1969) fanden bei der Erarbeitung der Bestimmungsmethode einen Schwankungsbereich der Ergebnisse von ca. $\pm 2,5$ %. PERI und POMPEI (1972) ermittelten bei ihren Messungen (n=71) einen Methodenfehler von ± 5 %. Von FLORIDI *et al.* (2003) wurde die Methode nach KRAMLING und SINGLETON (1969) in einer neueren Arbeit zur Bestimmung der Polyphenolgehalte im Bier (n=23) herangezogen. Dabei stellten sie fest, dass die Resultate dieser Fällungsmethode eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen verschiedener anderer Analysenmethoden in den Arbeiten von HOUGH *et al.* (1981), MADIGAN, McMURROUGH und SMYTH (1994), SHAHIDI und NACZK (1995) und GORINSTEIN *et al.* (2000) zeigten.

3.4.4.4 Gerbende/nicht gerbende Polyphenole

Vor der Bestimmung der Gesamtpolyphenole (vgl. Kap. 3.4.4.2) wurden die polyphenolischen Bestandteile nach der von BURKHARDT (1976) beschriebenen Methode auf der Grundlage von MONTEDORO und FANTOZZI (1974) mit Methylcellulose und gesättigtem Ammoniumsulfat in gerbende und nicht gerbende Polyphenole aufgeteilt.

Die in alkalischem Milieu ausfallenden Niederschläge aus Methylcellulose und gerbenden Polyphenolen wurden abzentrifugiert, nach der Abtrennung wieder durch langsames Schütteln in Lösung gebracht und anschließend mittels *Folin-Ciocalteu*-Reagenz bestimmt. Auf eine genauere Beschreibung der Methode wird hier aus Gründen des Umfangs verzichtet. Verwiesen sei an dieser Stelle auf die entsprechenden Literaturstellen in Kap. 8.

Berechnung und Angabe der Ergebnisse:

Der Gehalt an gerbenden Polyphenolen wurde anhand einer Eichgeraden der Bezugssubstanz (+)-Catechin (vgl. Anhang, Kap. 10.3), die zwischen 0 und 1000 mg/l linear ist ($r^2=0,9991$) ermittelt. Die Differenz zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt und der bestimmten Menge an gerbenden Polyphenolen ergibt den Gehalt an nicht gerbenden Polyphenolen. Die Ergebnisse wurden als Prozentanteile vom Gesamtpolyphenolgehalt berechnet und dargestellt.

Reproduzierbarkeit:

SARNECKIS *et al.* (2006) führten eine detaillierte Validierung der Methode nach MONTEDORO und FANTOZZI (1974) durch. Die Fällung der gerbenden Polyphenole mit Methylcellulose wird dabei als sehr robuste Methode dargestellt. Die Messwerte der Absorption bei 280 nm der mit Methylcellulose gefällten Rotweinproben ergab mit $r=0,740$ ($n=121$) eine gute Korrelation zu den Ergebnissen der HPLC-Analytik. Den Variationskoeffizient der Methode geben SARNECKIS *et al.* (2006) mit $\pm 3,0$ % an. Auch FLORIDI *et al.* (2003) ermittelten eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die hier beschriebene Methode mit Ergebnissen aus der Literatur (vgl. Kap. 3.4.4.3).

3.4.4.5 TEAC-Wert – Antioxidative Kapazität

Die Bestimmung des TEAC-Wertes (Trolox-Equivalent-Antioxidative-Capacity) erfolgte nach einer Methode modifiziert nach NIKFARDJAM POUR (2001) basierend auf MILLER *et al.* (1993) und RECHNER (2001).

Chemikalien:

- ABTS (2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzthiazolin-6-sulfonsäure)), Fa. Aldrich
- Di-Kaliumhydrogenphosphat
- Kaliumdihydrogenphosphat
- Kaliumpersulfat
- Trolox[®] (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carbonsäure), Fa. Aldrich
- Dest. Wasser

Probenvorbereitung:

Der Gesamtpolyphenolgehalt wurde vor der Durchführung des TEAC-Tests bestimmt und die Proben nach der folgenden Tabelle mit PBS-Puffer (pH 7,2-7,4) verdünnt.

Weißwein:	1:10 (Folin > 250 mg/l)	
Rotwein:	1:20 (Folin < 1.500 mg/l)	→ 500 µl Probe auf 10 ml
Rotwein:	1:50 (Folin > 1.500 mg/l)	→ 200 µl Probe auf 10 ml

Die Probenanzahl wurde so gewählt, dass alle Proben innerhalb von 10 Minuten gemessen werden konnten. Alle Proben wurden gleichzeitig mit dem Blindwert gemessen. Trübe Proben wurden vor der Analyse mittels Zentrifugation geklärt. Vor der Messung wurde ein Autozero mit Luft durchgeführt und die Küvetten wurden wie folgt befüllt:

ABTS-Arbeitslösung	1900 µl
Probe bzw. Blindwert	100 µl (bei Blindwert PBS-Puffer benutzen)

Die Reaktion wurde durch die Zugabe der Probelösung gestartet und direkt mit einem kleinen Rührspatel gut durchmischt. Nach sechs Minuten wurde die Entfärbung der ABTS-Lösung in den Proben bei 734 nm gemessen. Lag die Extinktionen unter 0,2 Extinktionseinheiten, erfolgte eine geringere Verdünnung der Proben.

Berechnung und Angabe der Ergebnisse:

Für die Berechnung der Antioxidativen Kapazität wurden die Extinktionsdifferenzen gebildet, d.h. von der Extinktion des Blindwertes wurde die Extinktion der Probe subtrahiert und die Antioxidative Kapazität mittels einer Eichgeraden (vgl. Anhang, Kap. 10.3) berechnet. Die Angabe der Ergebnisse erfolgte ohne Dezimale in mmol/l Trolox[®]. Eventuell vorgenommene Verdünnungen wurden entsprechend berücksichtigt.

Reproduzierbarkeit:

RECHNER (2001) gibt die Reproduzierbarkeit der Methode bei einem Variationskoeffizient von 0,035 mit $\pm 3,5$ % an. Zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit wurden Wiederholungsmessungen im naturtrüben Apfelsaft, Johannisbeernektar und mit einer Trolox[®]-Standardlösung durchgeführt.

3.4.5 Bestimmung ausgewählter Polyphenolgruppen mittels HPLC

Die HPLC-Analytik zur Bestimmung der polyphenolischen Inhaltsstoffe in den Versuchsweinen der vorliegenden Arbeit wurde im Rahmen des gemeinsamen FEI/AiF-Projektes 12225 BG am Institut für Ernährungswissenschaften, LS Humanernährung der Friedrich-Schiller-Universität Jena durchgeführt (vgl. NETZEL *et al.*, 2002; NETZEL *et al.*, 2003; s. auch Kap. 9: Eigene Publikationen) und für die erweiterten Versuchsauswertungen und Korrelationsberechnungen dieser Arbeit zur Verfügung gestellt.

Als Summenparameter wurden die Gruppe der Phenolcarbonsäuren (Gallus-, Kaffee-, Ferula-, p-Cumar- und Protocatechuesäure), die Gruppe der Flavan-3-ole ((+)-Catechin und (-)-Epicatechin), die Gruppe der Resveratrole (cis-, trans-Resveratrol, cis-, trans-Piceid), die Gruppe der Anthocyane (Delphinidin-3-glucosid, Cyanidin-3-glucosid, Petunidin-3-glucosid, Peonidin-3-glucosid und Malvidin-3-glucosid) und das Tyrosol bestimmt. Bei der Darstellung und Auswertung der Ergebnisse wurden unter „*Summe Polyphenole (HPLC)*“ stets alle hier aufgeführten monomeren Einzelsubstanzen zusammengefasst. Die Gruppe der Anthocyane wurde nur in den Versuchsserien im Rotweimbereich analysiert und folglich auch nur dort in die Summe einberechnet.

Die HPLC-Analysen wurden in Doppelbestimmung durchgeführt und eine Standardabweichung zwischen 5 % und 9 % ermittelt. In den graphischen Darstellungen wurden die Ergebnisse daher, zur fehlerfreien Interpretation der Verfahrensunterschiede, einheitlich mit einer Standardabweichung von 9 % dargestellt.

3.5 Methoden der sensorischen Qualitätsanalyse

Die im Rahmen dieser Promotion angewandten Methoden der sensorischen Qualitätsanalyse (Dreieckstest, Rangordnungsprüfung und Deskriptive Sensorik) basieren auf den aktuell gültigen DIN-Vorschriften (vgl. Kap. 8) und gelten als Standardmethoden in der Weinforschung mit internationaler Anerkennung und Vergleichbarkeit (vgl. LAWLESS und KLEIN, 1991; BUSCH-STOCKFISCH, 2007). Dies gilt ebenfalls für die in diesem Kontext gewählten statistischen Auswertungsverfahren (vgl. NEUMANN und MOLNÁR, 1991; MEILGAARD, CIVIL und CARR, 1999)

Nach zehn Monaten Lagerung auf der Flasche wurden die ausgebauten Weine beider Jahrgänge, nach einer Überprüfung auf signifikante Unterschiede mittels Dreieckstest und Rangordnungsprüfung, einer detaillierten deskriptiven Sensorik unterzogen. Diese Untersuchungen fanden mit einem geschulten und validierten Prüferpanel ($n \geq 10$) nach DIN 10950-2 statt. Dabei standen einerseits eine Vielzahl geruchlicher Komponenten (vgl. Kap. 3.5.3.1) aber auch allgemeine Parameter wie z.B. Gesamturteil, Geruchsqualität, Farbe im Vordergrund (vgl. Kap. 3.5.3.2). Die Ergebnisse wurden in Netzdiagrammen graphisch dargestellt und signifikante Unterschiede mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

In den Ergebnissen wurden ausschließlich die sensorischen Attribute dargestellt, die innerhalb der einzelnen Themenabschnitte signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsweinen zeigten, da nur statistisch abgesicherte Ergebnisse für eine Berechnung von Korrelationen zwischen der Sensorik und den Weinhaltstoffen herangezogen werden sollten. Eine Verzerrung der Korrelationen durch bereits an der Datenbasis fehlende Signifikanzen wurde somit vermieden.

3.5.1 Dreiecksprüfung

Gemäß DIN 4120 wurden die Dreiecksprüfungen im Rahmen dieser Arbeit als der deskriptiven Sensorik vorausgehende Vortests durchgeführt. Die Dreiecksprüfung wird zur Feststellung geringer Unterschiede zwischen Prüfproben angewandt und ist besonders geeignet, wenn die Zahl der Prüfpersonen begrenzt ist. Die Prüfpersonen wurden nach der DIN 10961 geschult und wiesen das gleiche Qualitätsniveau auf. Bei Ergebnissen mit einem angestrebten Signifikanzniveau von 5 % bzw. 1 % muss die

Prüfung mit mindestens sieben Prüfern durchgeführt werden, was mit $n \geq 10$ bei allen Verkostungen gegeben war (vgl. Kap. 3.5.5.1). Bezüglich des Prüfraumes wurden die Anforderungen der DIN 10962 erfüllt.

Bei der Dreiecksprüfung wurden gleichzeitig drei Prüfproben, von denen zwei identisch waren, von den Prüfern sensorisch begutachtet. Die abweichende Prüfprobe war festzustellen und zu notieren. Für die Vorbereitung der Prüfproben wurde eine randomisierte Probenkodierung verwendet, d.h. die sechs möglichen Kombinationen der Prüfsätze (ABB, AAB, ABA, BAA, BBA und BAB) wurden mit einer eigens dafür erstellten Tabellenkalkulations-Datei (MS-Excel) mit Zufallsgenerator gleichmäßig über die Prüfergruppe verteilt. Somit war gewährleistet, dass die Prüfer aus der Darreichung der Proben keine Rückschlüsse auf die Anordnung des Prüfgutes ziehen konnten. Durch die Kodierung der Proben mit einer zufällig gewählten dreistelligen Zahl im Prüfbogen (vgl. Anhang, Kap. 10.5) und mittels entsprechender Tischpläne zur zufälligen Verteilung der Prüfproben (vgl. Anhang, Kap. 10.5) wurden die Anforderungen gemäß der DIN 4120 bei den Verkostungen umgesetzt.

Die Prüfer mussten auch bei nicht Empfindung eines eindeutigen Unterschiedes eine der drei Proben als die Abweichende markieren (Forced-Choice-Technik). Zur Auswertung wurden die korrekten Bewertungen für die tatsächlich abweichende Probe gezählt und anhand einer Auswertungstabelle (vgl. DIN 4120) unter dem entsprechenden Wahrscheinlichkeitsniveau auf Signifikanz geprüft.

3.5.2 Rangordnungsprüfung

Die Rangordnungsprüfung wurde gemäß DIN 10963 ebenfalls als Vortest zur beschreibenden Sensorik durchgeführt. Auch bei dieser Prüfmethode gelten die normierten Bedingungen für die Prüfpersonen (vgl. DIN 10961) und den Prüfraum (vgl. DIN 10962).

Der Anwendungsbereich der Rangordnungsprüfung liegt darin, mehrere Prüfmuster in eine Rangfolge zu bringen, wobei es sich um eine reine Beliebtheitsprüfung handelt. Ihr Einsatz ist dann sinnvoll, wenn mehrere Prüfproben für weitere sensorische Bewertungen vorsortiert werden sollen. Auch in Ergänzung zur Dreiecksprüfung kann die Rangordnungsprüfung neben der einfachen Abweichung zweier Prüfproben wertvolle Zusatzinformationen geben. Die Rangordnungsprüfung kann außerdem,

besser als die Dreiecksprüfung, beispielsweise Aufschluss über den Einfluss verschiedener Technologien auf die Qualität des Prüfgutes aufzeigen, allerdings nur in zusammenfassender Form.

Bei der Durchführung dieses Prüfverfahrens wurden ebenfalls die Kriterien für die randomisierte Probenkodierung (vgl. Kap. 3.5.1) eingehalten. Der entsprechend verwendete Prüfbogen ist im Anhang (vgl. Kap. 10.5) dargestellt. Die Anzahl der geschulten Prüfer sollte mindestens fünf betragen, was mit $n \geq 10$ auch hier bei allen Verkostungen erfüllt wurde (vgl. Kap. 3.5.5.1).

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte nach dem *Friedmann*-Test (vgl. DIN 10963; ZÖFEL, 1988). Dieser gibt an, inwieweit bei der Vergabe der Platzierungen innerhalb der Rangordnung von den Prüfpersonen zwischen den vorgelegten Prüfproben statistisch abgesicherte Unterschiede gefunden wurden. Eine vorherige Decodierung der Proben und Auszählung bzw. Bildung der Rangsummen der Verkosterbewertungen durch die Verkoster war für die Signifikanzberechnung nötig.

3.5.3 Deskriptive Sensorik

Zur detaillierteren Analyse der sensorischen Eigenschaften der Versuchsweine wurde eine deskriptive Sensorik (Intensitäts- und Profilprüfung) durchgeführt. Diese beiden sensorischen Prüfverfahren wurden ebenfalls unter den Kriterien der randomisierten Probenkodierung (vgl. Kap. 3.5.1) und gemäß der Bedingungen für Prüfräume (DIN 10962) umgesetzt. Folgende zwei Methoden der beschreibenden Sensorik wurden angewandt.

3.5.3.1 Intensitätsprüfung

Bei dieser Prüfung sollten die Prüfer verschiedene sensorische Attribute mit subjektiven Intensitäten verknüpfen. Die Durchführung erfolgte gemäß DIN 10966. Auch hierbei müssen die Prüfer nach DIN 10961 geschult werden. Ihre Anzahl sollte mindestens sechs, besser neun, Prüfer betragen. Die Skala der zu bewertenden Intensitäten wurde von 0 bis 3 (0=gar nicht, 1=schwach, 2=mittel und 3=stark) gewählt. Zur Unterstützung der Prüfpersonen bei der Zuordnung der Aroma-intensitäten wurden Aromastandards für die vorgegebenen Attribute hergestellt. Diese Aromastandards wurden unter Zuhilfenahme der von FISCHER (1997b) beschriebenen

Rezepturen für jede Verkostung frisch angesetzt. Die Intensität dieser Geruchsstandards entsprach dabei der Bewertung „stark“ bzw. 3 auf der Skala. Die Aromastandards Phenol I und Phenol II wurden im Rahmen dieser Arbeit entwickelt. Phenol I wurde aus getrockneten Kernen und Schalen der Rieslingtraube extrahiert, Phenol II aus den Rappen der Rebsorte Riesling.

Folgende sensorischen Attribute der Versuchsweine wurden abgefragt:

Weißwein:

- Citrus
- Ananas
- Grüner Apfel
- Pfirsich
- Blumig
- Frisches Gras
- Honig
- Petrol
- UTA
- „phenolisch“ (Phenol I)
- „rappig“ (Phenol II)

Rotwein:

- Sauerkirsche
- Waldbeeren
- Frisches Gras
- Grüner Paprika
- Röstaromen
- Schwarzer Pfeffer
- buttrig

Ein Beispiel der bei dieser Prüfung eingesetzten Verkostungsbögen ist im Anhang (vgl. Kap. 10.5) dargestellt.

3.5.3.2 Profilprüfung

Bei diesem Verfahren der sensorischen Analyse wurden die Prüfproben durch die Verkoster anhand verschiedener qualitätsbestimmender Attribute beschrieben und somit für jeden Versuchswein ein Qualitätsprofil erstellt. Die Profilprüfung kann besonders zum detaillierten Vergleich mehrerer Produkte herangezogen werden.

Folgende sensorische Attribute wurden zur Bewertung der Weinqualität abgefragt:

Weißwein/Rotwein:

- Farbe
- Geruchsintensität
- Geruchsqualität
- Fruchtiger Geruch
- Geschmacksintensität
- Geschmacksqualität
- Fruchtiger Geschmack
- Süße
- Säure
- Körper/Fülle
- „gerbig“/Gerbstoffe
- Gleichgewicht
- Reintönigkeit
- Gesamturteil

Die Durchführung erfolgte gemäß DIN 10967-1. Die Prüfer müssen ebenfalls nach DIN 10961 geschult werden und ihre Anzahl sollte mindestens sechs Prüfer betragen. Die Skala der zu bewertenden Intensitäten wurde von -3 bis +3, ohne die Null, gewählt. Die Bedeutung dieser Skalierung für die untersuchten Merkmalseigenschaften ist anhand eines exemplarischen Verkostungsbogens im Anhang (vgl. Kap. 10.5) dargestellt.

3.5.4 Statistische Ergebnisauswertung der sensorischen Qualitätsanalyse

3.5.4.1 Aufbau der Ergebnisdatenbanken

Alle ermittelten Analysendaten und Verkostungsergebnisse der Versuchsjahrgänge 2000 und 2001 wurden im Weißweimbereich getrennt nach den beiden in dieser Arbeit untersuchten Themengebieten („Entrappung während der Vollernterlese“ und „Vergleich verschiedener Mostvorklärunungsverfahren“) in zwei separaten Datenbanken zusammengefasst. Die Datenbank „Mostvorklärunung“ umfasst daher in der Summe beider Jahrgänge $n=14$ Datensätze.

Zur Datenbank „Entrappung während der Vollernterlese“ ist ergänzend zu erklären, dass bei der Untersuchung des Einflusses des Entrappungsvorgangs während der Vollernterlese im Rahmen dieser Arbeit zusätzlich zu den Varianten der Versuchsanstellung ($n=6$) weitere in den Jahren 2000 und 2001 am Fachgebiet Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim durchgeführte Traubenverarbeitungsversuche bei der Rebsorte Riesling ($n=17$) analysiert, sensorisch bewertet und die Ergebnisse in die Datenbank integriert wurden. Der größere Datenumfang ermöglichte eine versuchsübergreifende Korrelationsberechnung zwischen der Traubenverarbeitung, den Weininhaltsstoffen und der Sensorik und erklärt auch die höhere Stichprobenzahl ($n=23$) in der Darstellung der Korrelationen in Kap. 4.1. Von den drei Versuchsanstellungen der Mostvorklärunung wurden jeweils nur die Sedimentationsvarianten in die Datenbank einbezogen, da es sich pro Versuchsansatz bei allen Vorklärunvarianten um die gleiche Traubenverarbeitung handelte und eine Verfälschung der Korrelationen durch eine unzulässige Wiederholung der Daten vermieden werden sollte. Alle untersuchten Versuchsvarianten der Traubenverarbeitung sind im Anhang (vgl. Kap. 10.4)

zusammen mit den entsprechenden Analysenergebnissen und den sensorischen Bewertungen als Basisdaten der statistischen Berechnungen tabellarisch dargestellt. Bei den Versuchen im Rotwein wurden alle Ergebnisse sowohl beider Rebsorten als auch beider Jahrgänge in einer Datenbank zusammengefasst.

3.5.4.2 Varianzanalyse

Zunächst wurden alle Daten positiv auf Normalverteilung mittels des Testes nach *Kolmogoroff-Smirnow* überprüft, so dass die Analyse der Ergebnisse auf signifikante Unterschiede anhand von Varianzanalysen erfolgen konnte (vgl. ZÖFEL, 1988). Die statistischen Berechnungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 11.5 (einfaktorielle ANOVA bzw. GLM multivariat) für die jeweiligen Datenbanken der Themengebiete berechnet und zeigten in allen Fällen signifikante F-Werte, d.h. es waren statistische Unterschiede innerhalb der Datensätze vorhanden. Bei nur zwei Stichproben konnte die einfaktorielle Varianzanalyse (T-Test) direkt Auskunft über die signifikanten Unterschiede geben. Bei mehr als zwei Stichproben wurde mit Hilfe der Post Hoc Tests (*Duncan*-Test und *Fisher's* LSD) ebenfalls unter Verwendung von SPSS 11.5 ermittelt, zwischen welchen sensorischen Attributen der Versuchsvarianten statistisch abgesicherte Unterschiede vorhanden waren (vgl. ZÖFEL, 1988). Diese Unterschiede wurden in den Sensorikdiagrammen dargestellt und mit Groß- ($p \leq 0,15$) bzw. Kleinbuchstaben ($p \leq 0,05$) entsprechend den jeweiligen Signifikanzniveaus gekennzeichnet (vgl. Kap. 3.5.5.3). Die für alle oben beschriebenen statistischen Verfahren notwendige Überprüfung der Varianzhomogenität erfolgte nach der Formel von *Bartlett* (vgl. ZÖFEL, 1988), die in einer speziell dafür erstellten Tabellenkalkulationsdatei (MS-Excel) berechnet wurde. Die Richtigkeit der angewandten statistischen Verfahren wurde durch eine Kontrollberechnung eines vorgegebenen Auswertungsbeispiels im Beiblatt 1 zu DIN 10967 überprüft.

3.5.4.3 Korrelationsberechnung nach *Pearson*

Die Korrelationen zwischen den Ergebnissen der sensorischen Analyse (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) und den Most- bzw. Weinanalysen wurden für die einzelnen Themenabschnitte der Arbeit mittels des Korrelationskoeffizienten nach *Pearson* für normalverteilte Daten und intervallskalierte Variablen (vgl. ZÖFEL, 1988), ebenfalls

unter Zuhilfenahme von SPSS 11.5, berechnet. Die Ergebnisse der Korrelationsberechnung wurden tabellarisch unter Angabe der entsprechenden Signifikanzen dargestellt.

3.5.5 Eigenschaften des Verkosterpanels

3.5.5.1 Auswertung der Panelbeteiligung

Insgesamt haben 51 verschiedene Prüfer an den 18 Verkostungsterminen teilgenommen. Wie Abb. 15 zeigt, konnten 17 Personen als sogenannte Stammverkoster eingestuft werden, wovon 7 Prüfer an mehr als 60 % der Termine (zwei Drittel aller Verkostungen) anwesend waren und 10 Prüfer an mehr als 30 %, d.h. an einem Drittel aller Verkostungen. Die übrigen 34 Personen nahmen mit maximal 5 Terminen nur sporadisch an den Verkostungen teil. Die durchschnittliche Prüferzahl pro Verkostungstermin lag bei 13 Personen.

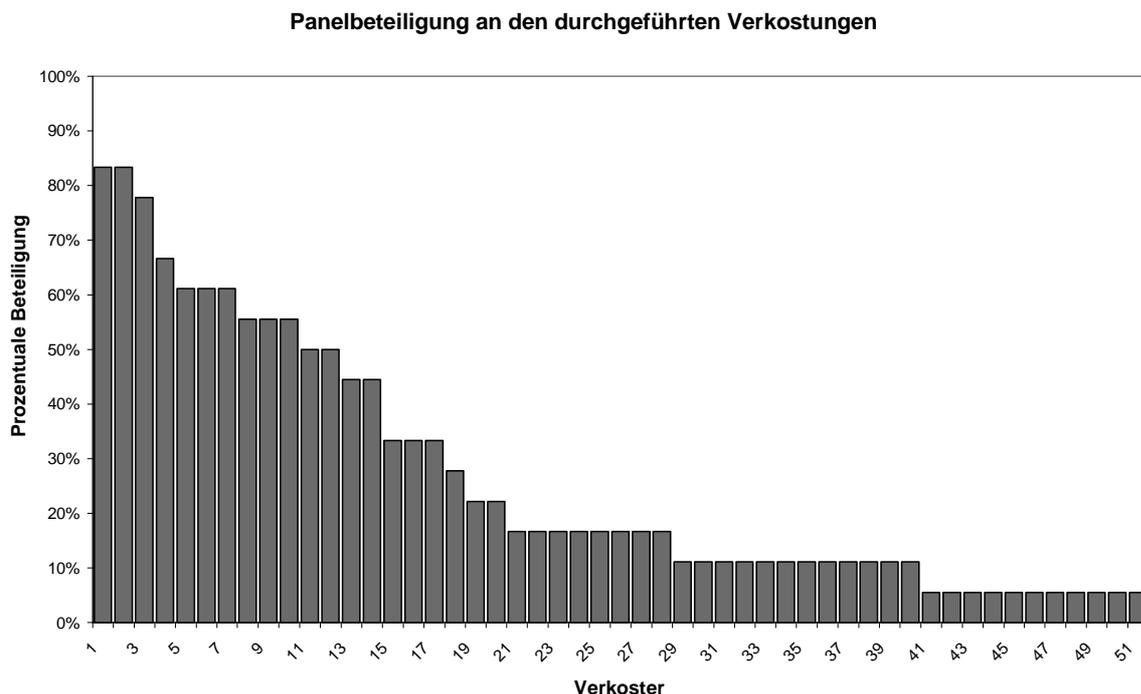


Abb. 15: Darstellung der Panelbeteiligung der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Verkostungen (Dreieckstest, Rangordnungsprüfung und deskriptive Sensorik)

3.5.5.2 Validierung des Verkosterpanels

Um ergänzend zu der Verkosterschulung gemäß DIN 10950-2 eine Einschätzung der Panelqualifikation vornehmen zu können, wurden verschiedene Tests zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der sensorischen Ergebnisse durchgeführt.

Von den in Kap. 3.5.3 beschriebenen sensorischen Attributen waren nach der statistischen Auswertung in allen bearbeiteten Themengebieten nur die nachfolgend aufgeführten Qualitätsmerkmale relevant, da sie signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten oenologischen Verfahren zeigten:

- Grüner Apfel
- Frisches Gras
- „rappig“ (Phenol II)
- „gerbig“/Gerbstoffe
- Geruchsqualität
- Fruchtiger Geruch
- Reintönigkeit
- Geschmacksqualität
- Farbe
- Körper (nur Rotwein)
- Gesamturteil

Die Überprüfung der Panelqualifikation soll daher auch nur anhand dieser Attribute dargestellt werden. Durchgeführt wurden die Panelbewertungen mit einem Müller-Thurgau-Versuchswein, der einmal schwefelarm und als zweite Variante unter Einsatz der üblichen Mengen an SO₂ ausgebaut wurde. Die Analysenergebnisse der beiden Versuchsweine sind in Tab. 3 dargestellt und zeigen außer in den Schwefelgehalten keine analytischen Unterschiede.

Tab. 3: Analysendaten der Versuchsweine der Rebsorte Müller-Thurgau aus dem Jahrgang 2000 zur Panelbewertung

	2000er Müller-Thurgau schwefelarm	2000er Müller-Thurgau normal
Gesamtalkohol [%v/v]	12,5	12,5
Gesamtextrakt [g/l]	20,5	20,6
zuckerfreier Extrakt [g/l]	17,4	17,5
Restzucker [g/l]	4,1	4,1
Gesamtsäure [g/l]	5,6	5,6
pH-Wert	3,3	3,3
Freie SO₂ [mg/l]	6,0	18,0
Gesamte SO₂ [mg/l]	26,0	89,0
Dichte	0,9918	0,9918
Weinsäure [g/l]	1,3	1,4

Dieses Versuchsweinpaar schien daher ideal geeignet, die Qualität der Verkostergruppe zu prüfen, da es sich um eine geringe und vor allem sensorische Differenzierung zwischen den Weinen handelte. Eine Dreiecksprüfung mit Wiederholung ergab einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,01$) zwischen den beiden Weinen (vgl. Abb. 16).

Dreieckstest				
Serie 1:	Müller-Thurgau - schwefelarm	↔	Müller-Thurgau - normal	** (99%)
Serie 2:	Müller-Thurgau - schwefelarm	↔	Müller-Thurgau - normal	** (99%)

Abb. 16: Ergebnisse der Dreiecksprüfung der Versuchsweine der Rebsorte Müller-Thurgau aus dem Jahr 2000 zur Panelbewertung

Zusätzlich wurde im Jahr 2001 ein Paneltest anhand einer Versuchsvariante aus dem Bereich der Traubenverarbeitung bei der Rebsorte Riesling und ein Wiederholungstest bei der Rebsorte Spätburgunder durchgeführt.

Ohne vorherige Information der Verkoster wurden folgende Tests in die regulären Verkostungen integriert:

- Wiederholung eines Weines innerhalb einer Serie
- Wiederholung eines Weines an zwei Verkostungsterminen
- Wiederholung einer Serie an einem Verkostungstermin
- Wiederholung einer Serie an zwei Verkostungsterminen

Die durchgeführten Paneltests lieferten nach einer statistischen Auswertung die nachfolgend dargestellten Ergebnisse. Alle nicht mit Buchstaben gekennzeichneten Attribute wiesen eine Fehlerwahrscheinlichkeit von $p > 0,15$ auf, d.h. es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsweinpaaren gefunden werden. An auffälligen Stellen in den Diagrammen, an denen ein sensorischer Unterschied aufgrund des Linienverlaufes der verglichenen Varianten zu vermuten war, aber nicht statistisch abgesichert werden konnte, wurde dies zur besseren Darstellung zusätzlich mit $p > 0,15$ gekennzeichnet.

3.5.5.2.1 Wiederholung eines Weines innerhalb einer Serie

In Abb. 17 ist anhand des nahezu identischen Linienverlaufes erkennbar, dass die Verkostergruppe zwei identische Weine innerhalb einer Versuchsserie auch als solche erkannte. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den für diese Arbeit wichtigen sensorischen Attributen gefunden. Dieses Ergebnis konnte auch in einem Test bei der Rebsorte Spätburgunder (vgl. Abb. 18) bestätigt werden.

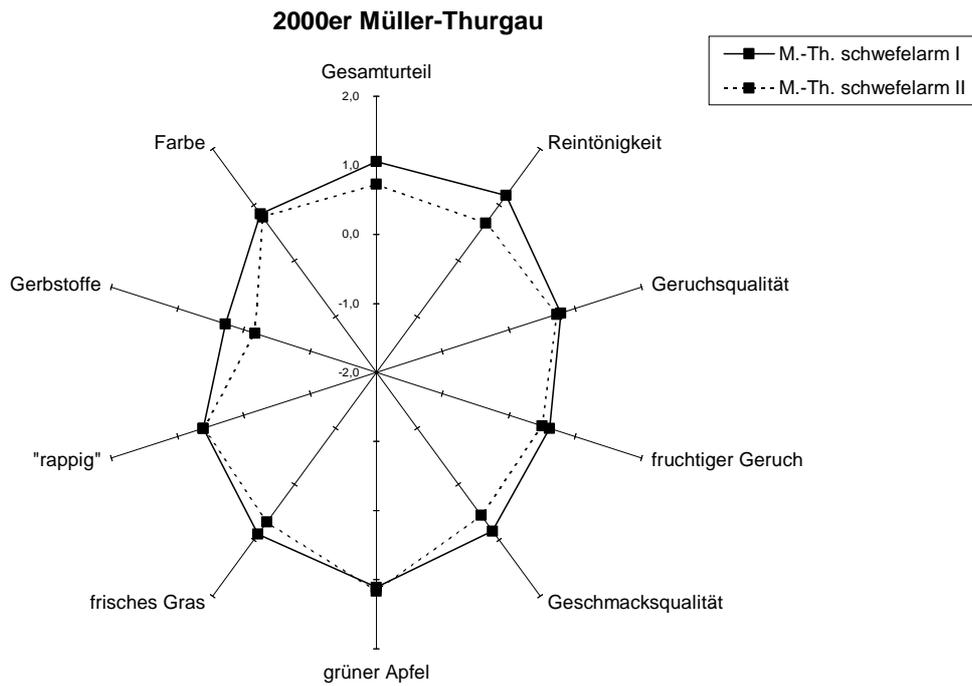


Abb. 17: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung eines Weines innerhalb einer Serie [n=18]

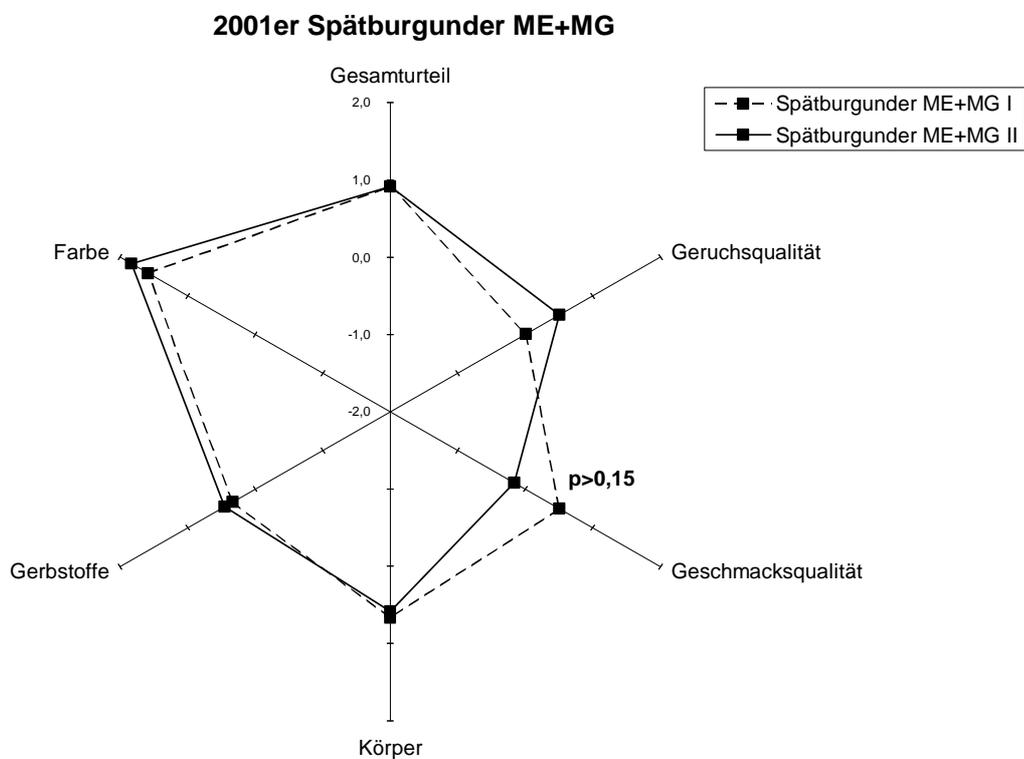


Abb. 18: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Spätburgunder – Wiederholung eines Weines innerhalb einer Serie [n=13]

Die Wiederholung eines Weines an zwei unterschiedlichen Verkostungsterminen ergab ebenfalls keine Unterschiede zwischen den sensorischen Qualitätsmerkmalen der bewerteten Versuchsweine. Eine Differenzierung bei der Bewertung der Gerbstoffe scheint auf den ersten Blick erkennbar zu sein, die statistische Berechnung zeigte aber eine Fehlerwahrscheinlichkeit von $p > 0,15$, d.h. nicht signifikant (vgl. Abb. 19).

3.5.5.2.2 Wiederholung eines Weines an zwei Verkostungsterminen

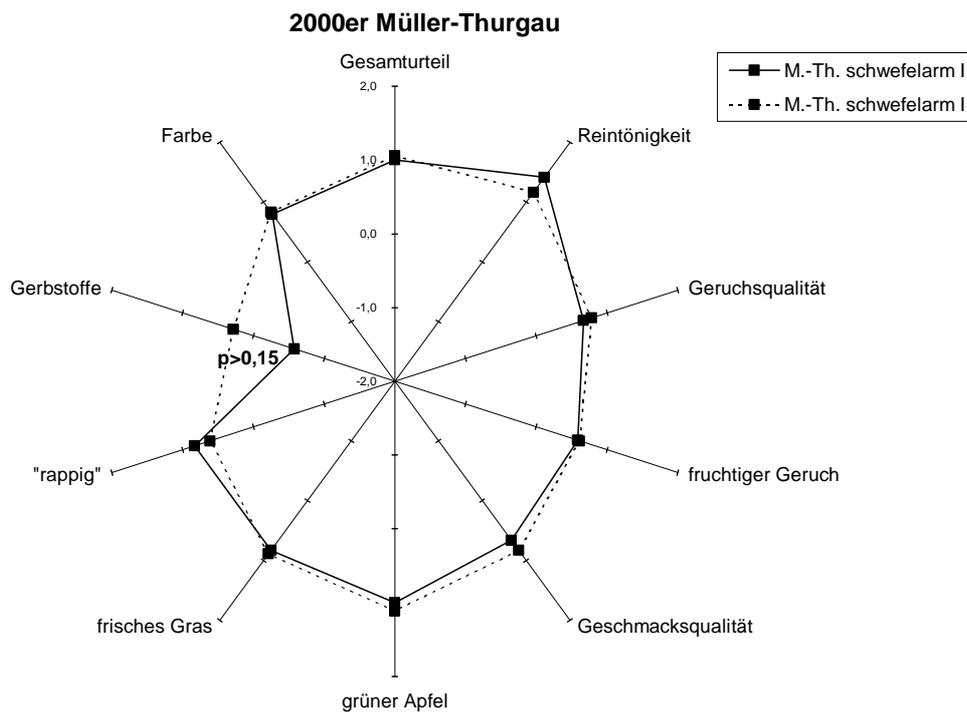


Abb. 19: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung eines Weines an zwei Verkostungsterminen [n=12/18]

3.5.5.2.3 Wiederholung einer Serie an einem Verkostungstermin

Anhand von Abb. 20 und Abb. 21 ist erkennbar, dass sich die beiden Versuchsweine besonders in der Farbe aber auch in der Geruchsqualität und der Reintönigkeit unterschieden. Dabei konnte die Differenzierung der Geruchsqualität in beiden Verkostungen mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ gefunden werden. Wie dieser Test zeigt, können aber auch Unterschiede mit $p \leq 0,15$ für die Diskussion der Ergebnisse interessant sein. So wurde der Unterschied in der Reintönigkeit beider Weine zunächst nur auf einem niedrigeren Signifikanzniveau ($p \leq 0,15$) gefunden (vgl. Abb. 20). Eine Wiederholung der Verkostung konnte diesen Unterschied dennoch bestätigen, sogar mit einer höheren Signifikanz ($p \leq 0,05$). Zusätzlich zeigte sich damit

verbunden auch eine weitere signifikante Differenzierung im Gesamturteil (vgl. Abb. 21).

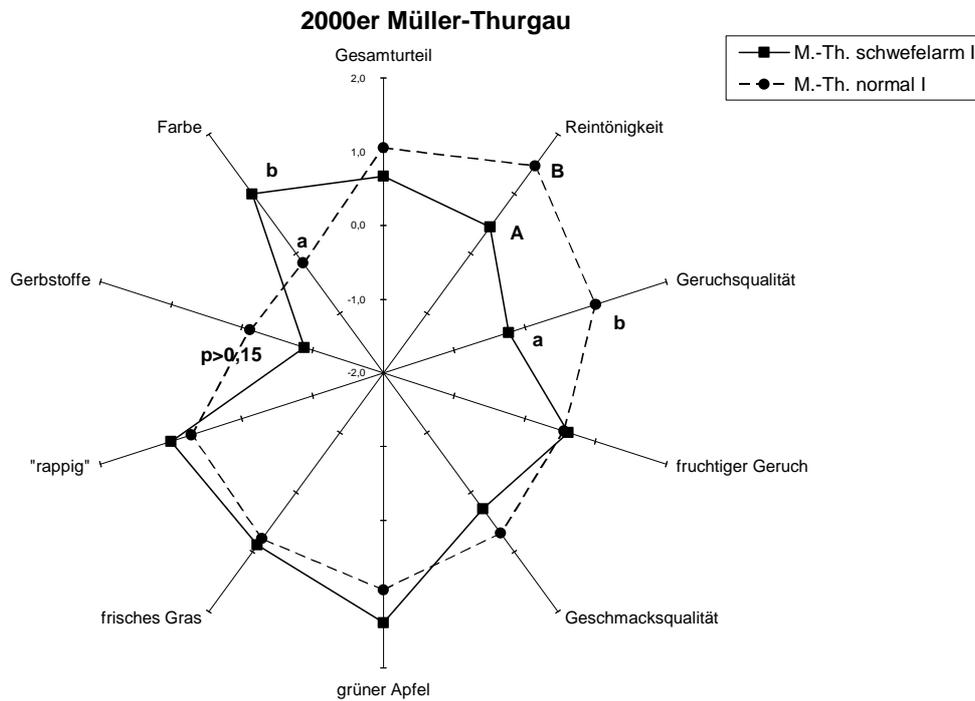


Abb. 20: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung einer Serie an einem Verkostungstermin (1. Teil) [n=18]

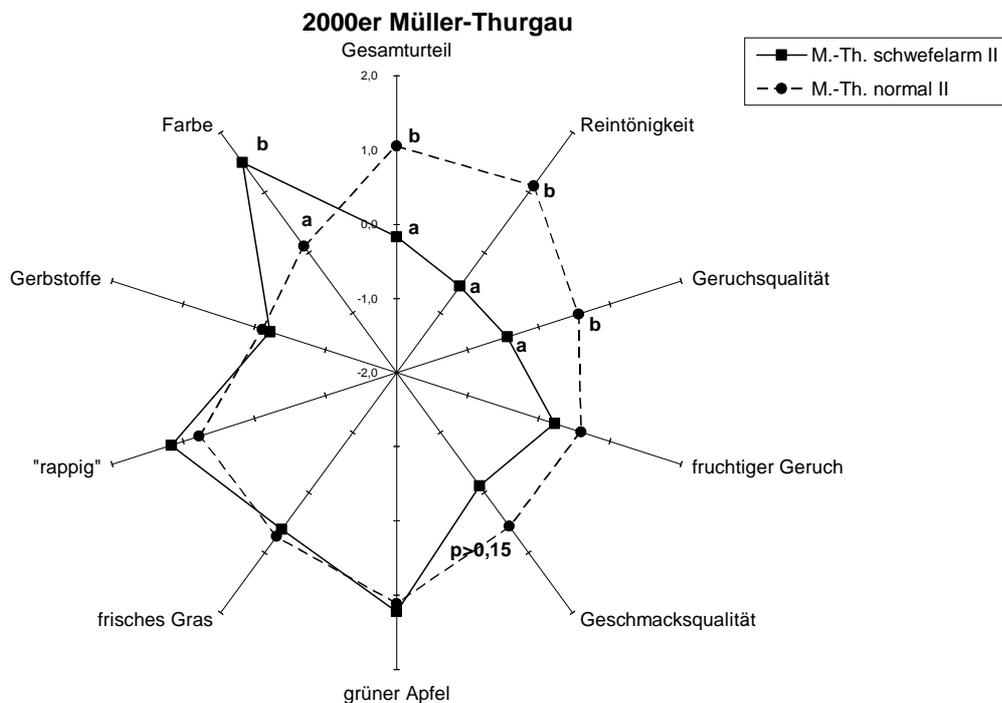


Abb. 21: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Müller-Thurgau – Wiederholung einer Serie an einem Verkostungstermin (2. Teil) [n=18]

3.5.5.2.4 Wiederholung einer Serie an zwei Verkostungsterminen

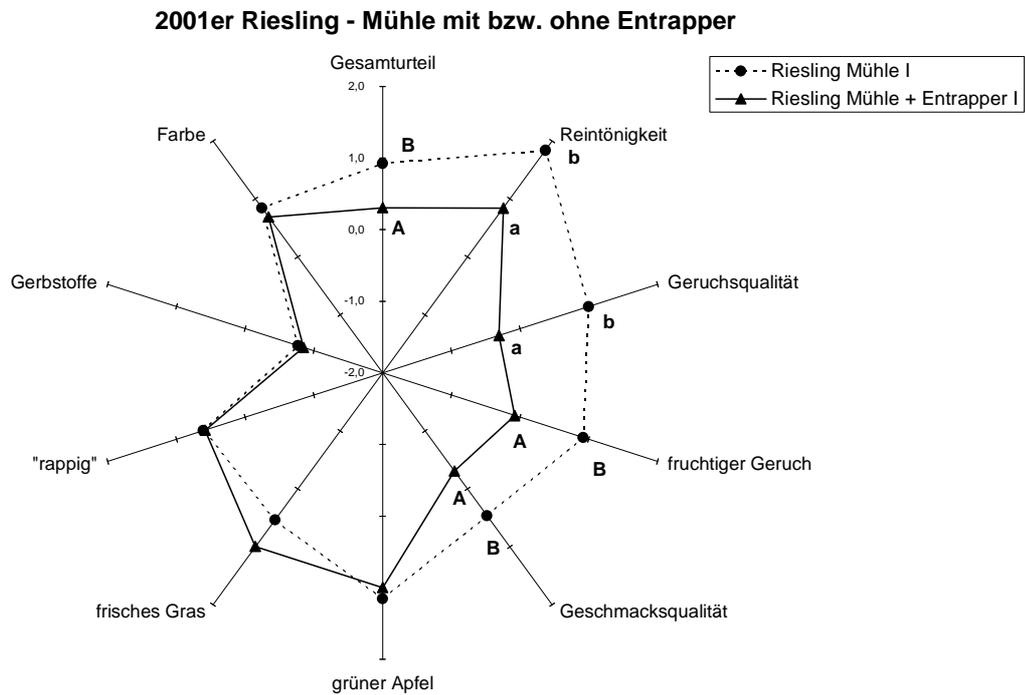


Abb. 22: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Riesling – Wiederholung einer Serie an zwei Verkostungsterminen (1. Termin) [n=13]

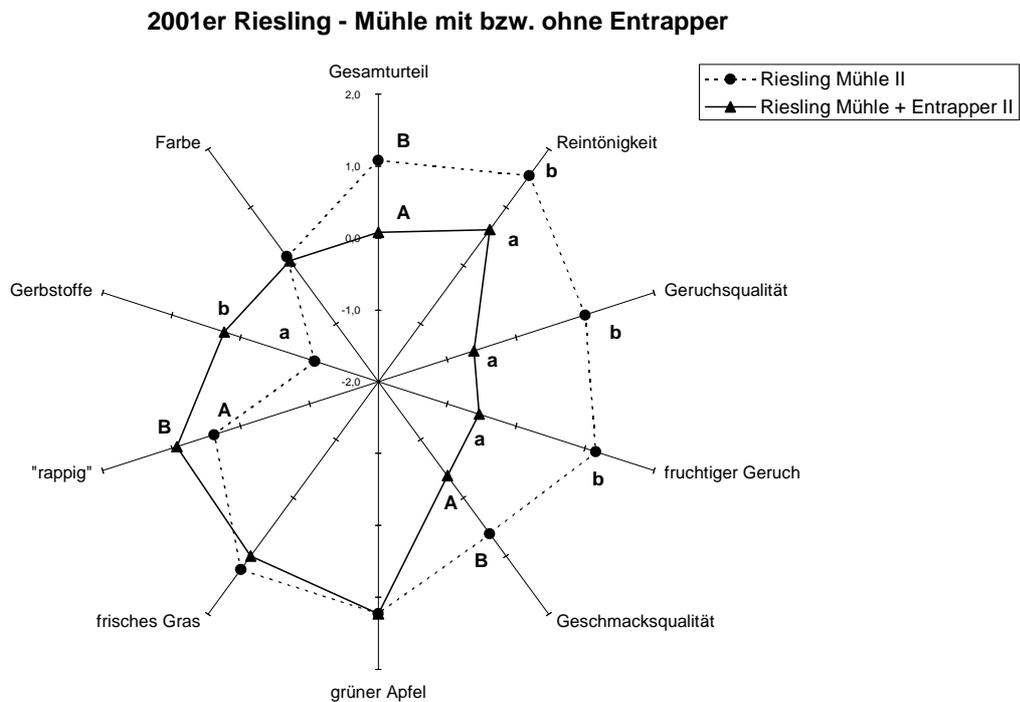


Abb. 23: Ergebnisse der Panelbewertung bei der Rebsorte Riesling – Wiederholung einer Serie an zwei Verkostungsterminen (2. Termin) [n=13]

Bei der Wiederholung einer Versuchsserie der Rebsorte Riesling (entrappt/nicht entrappt) an zwei unterschiedlichen Verkostungsterminen (vgl. Abb. 22 und Abb. 23) konnte ein zunächst weniger signifikanter Unterschied ($p \leq 0,15$), am Beispiel des fruchtigen Geruches der Versuchsweine, bei einer Wiederholung der Verkostung als signifikant ($p \leq 0,05$) bestätigt werden.

Alle übrigen sensorischen Unterschiede der ersten Verkostung mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit bis zur Grenze von $p \leq 0,15$ waren in einer zweiten Verkostung, d.h. bei unterschiedlicher Zusammensetzung des Prüferpanels (vgl. Kap. 3.5.5.1) ebenfalls reproduzierbar. Die schlechtere Geschmacks- und Geruchsqualität der entrappten Variante konnte in der Wiederholung zudem auf einen gerbigeren und „rappigeren“ Charakter des Versuchswines zurückgeführt werden (vgl. Abb. 23).

3.5.5.3 Bedeutung der Panelvalidierung für die statistische Auswertung und Darstellung der sensorischen Qualitätsanalyse

Die durchgeführten Paneltests konnten die Qualifikation der Verkosterguppe in Ergänzung zu den Anforderungen der DIN 10950-2 bestätigen. Es konnte gezeigt werden, dass das Prüferpanel gleiche Weine sowohl innerhalb einer Serie als auch an zwei unterschiedlichen Verkostungsterminen als identisch erkannte. Dies bestätigte die Homogenität der Einzelbewertungen der Prüfer innerhalb der Gruppe und ließ im Umkehrschluss auch ein einheitliches und reproduzierbares Erkennen von vorhandenen Unterschieden zwischen den Versuchswinen erwarten. Dabei war allerdings eine Erweiterung der Signifikanzgrenze nötig.

Generell wurden in dieser Arbeit vorrangig die signifikanten Unterschiede mit $p \leq 0,05$ (gekennzeichnet mit Kleinbuchstaben) bewertet und in Korrelation zu den polyphenolischen Inhaltsstoffen gesetzt. Es konnte anhand der durchgeführten Tests aber auch gezeigt werden, dass signifikante Unterschiede bis zu einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $p \leq 0,15$ in einer Wiederholung der Verkostung reproduzierbar waren. Bei einer durchschnittlichen Teilnehmerzahl von 13 Personen bedeuten 15 % Fehlerwahrscheinlichkeit lediglich von maximal zwei Prüfern eine irrtümliche Bewertung der Versuchswine. Eine Berücksichtigung der sensorischen Unterschiede mit einer Signifikanzgrenze von $p \leq 0,15$ erschien daher sinnvoll, um eine detailliertere sensorische Bewertung einzelner oenologischer Verfahren zu

ermöglichen. Die statistische Auswertung der Verkostungsergebnisse dieser Arbeit wurde daher neben der in der Statistik als Standard definierten Grenze $p \leq 0,05$ um das Signifikanzniveau $p \leq 0,15$ erweitert und die auf diesem Niveau errechneten statistischen Unterschiede ebenfalls zur Korrelationsberechnung verwendet. Zur Unterscheidung der signifikanten Unterschiede mit $p \leq 0,15$ wurden für diese in den Diagrammen Großbuchstaben verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Beeinflussung der Weinqualität durch den Entrappungsvorgang während der Vollernterlese von Rheingauer Rieslingtrauben

4.1.1 Trubgehalte der Moste aus entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingtrauben

Die Trubgehalte der Versuchsmoste (Schleudertrub- und Sedimentationstrub) sind in Abb. 24 graphisch dargestellt. Die entrappte Variante zeigte gegenüber der nicht entrappten Variante in allen drei Versuchsanstellungen beim Sedimentationstrub um 1 bis 2 % höhere Werte und beim Schleudertrub um 0,2 bis 0,4 % höhere Werte. Es war außerdem erkennbar, dass in der früh gelesenen Variante im Jahr 2001 (2001 VE I) die Sedimentationstrubwerte mit einer Differenz von 4 bis 5 %v/v deutlich unter denen der späteren Variante (2001 VE II) und mit einer Differenz von 2 %v/v auch unter den Versuchsergebnissen aus dem Jahr 2000 (2000 VE) lagen. Die Werte der Schleudertrubgehalte verhielten sich ähnlich. Die Versuchsmoste der Variante 2001 VE I zeigten niedrigere Werte als die später gelesenen Varianten. Noch geringer im Vergleich dazu waren allerdings die Schleudertrubgehalte der Versuchsmoste aus dem Jahrgang 2000.

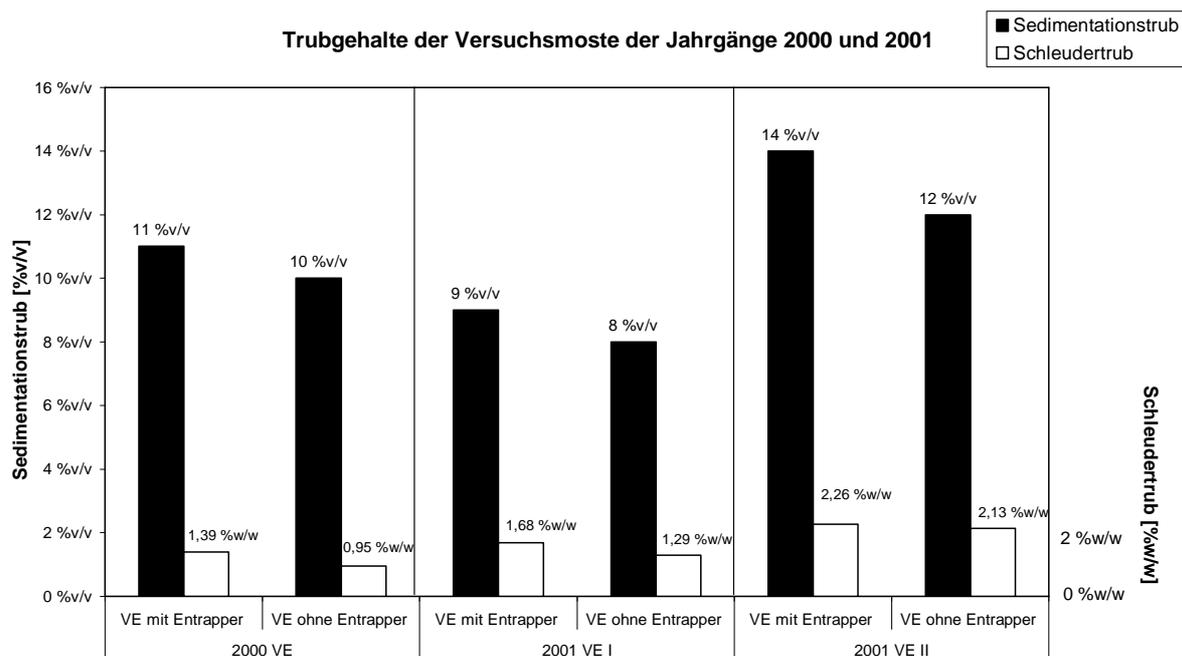


Abb. 24: Mosttrubgehalte der Vollernterversuche mit bzw. ohne Entrappung bei der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001

4.1.2 Analyse der polyphenolischen Inhaltsstoffe der Moste und Weine aus entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingtrauben

In Tab. 4 sind alle durchgeführten Analysen der Versuchsmoste bzw. -weine zusammengefasst dargestellt. Die Analysenparameter der Versuchsmoste zeigten mit Ausnahme der in Kap. 4.1.1 bereits beschriebenen Trubgehalte keine deutlichen Unterschiede zwischen der entrappten und nicht entrappten Variante des jeweiligen Versuchsansatzes. Ebenso verhielt es sich mit den Werten der allgemeinen Weinanalyse. Die Homogenität des Lesegutes innerhalb der Versuchsvarianten war gegeben und eine unverfälschte sensorische Differenzierung allein auf der Grundlage der Technologieunterschiede somit möglich.

Tab. 4: Most- und Weinanalysen der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001

	2000 VE		2001 VE I		2001 VE II	
	mit Entrapper	ohne Entrapper	mit Entrapper	ohne Entrapper	mit Entrapper	ohne Entrapper
<u>Traubenmaterial</u>						
Lesezeitpunkt	17.10.2000		17.10.2001		31.10.2001	
Fäulnis - Befallshäufigkeit [%]	99		38		90	
Fäulnis - Befallsstärke [%]	48		8		28	
<u>Mostdaten</u>						
Sedimentationstrub [%v/v]	11	10	9	8	14	12
Schleudertrub [%w/w]	1,39	0,95	1,68	1,29	2,26	2,13
Gesamtpolyphenolgehalt nach Folin [mg/l]	366	371	319	325	289	306
Mostgewicht [°Oe]	78	80	85	85	88	87
pH-Wert	3,1	3,1	3,1	3,2	3,0	3,0
Gesamtsäure (berechnet als Weinsäure) [g/l]	11,3	11,7	10,3	9,2	9,7	9,8
<u>Weindaten</u>						
vorhandener Alkohol [%v/v]	12,5	12,7	12,9	12,8	11,7	12,1
zuckerfreier Extrakt [g/l]	23,7	23,8	21,7	21,1	21,9	22,5
Restzucker [g/l]	2,3	2,9	2,6	1,4	2,1	1,9
Freie SO ₂ [mg/l]	25	22	58	50	43	53
Gesamte SO ₂ [mg/l]	130	136	139	128	114	133
pH-Wert	3,3	3,3	3,1	3,1	3,2	3,2
Gesamtsäure (berechnet als Weinsäure) [g/l]	7,5	7,5	8,0	7,5	7,8	8,1
Gesamtpolyphenolgehalt <i>Folin-Ciocalteu</i> [mg/l]	292	302	251	220	292	290
Summe Polyphenole (HPLC) ¹ [mg/l]	46,0	36,3	50,0	43,3	43,0	31,1
Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	14,8	6,5	4,8	5,2	13,9	3,3
Resveratrole ¹ [mg/l]	3,4	3,0	4,6	4,2	7,9	12,0
Phenolcarbonsäuren ¹ [mg/l]	17,0	15,9	3,1	4,3	12,1	7,3
Tyrosol [mg/l]	10,8	10,9	37,5	29,6	9,1	8,5

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Die Beurteilung der Fäulnisbelastung der Trauben wurde anhand der Befallshäufigkeit (=Anzahl der befallenen Trauben pro Versuchsfläche) und der Befallsstärke (=Prozentanteil des Fäulnisbefalls pro Traube) quantifiziert. Dabei zeigte sich deutlich, dass die Variante 2001 VE I, welche im Jahr 2001 früher geerntet wurde, einen geringeren Fäulnisgrad der Trauben aufwies als die später gelesene Traubenpartie (2001 VE II). Im Jahr 2000 war das Lesegut sehr stark geschädigt, vergleichbar mit der Variante 2001 VE II. Das Traubenmaterial der Varianten 2000 VE und 2001 VE II war bedingt durch die feuchte Witterung (vgl. Kap. 3.1) mit einer Befallshäufigkeit zwischen 90 und 99 % fast komplett von Fäulnis befallen. Dies traf besonders extrem die Trauben aus dem Jahrgang 2000, bei denen bei annähernd gleicher Befallshäufigkeit zusätzlich eine fast doppelt so starke Befallsstärke gegenüber dem Jahr 2001 (VE II) gemessen wurde.

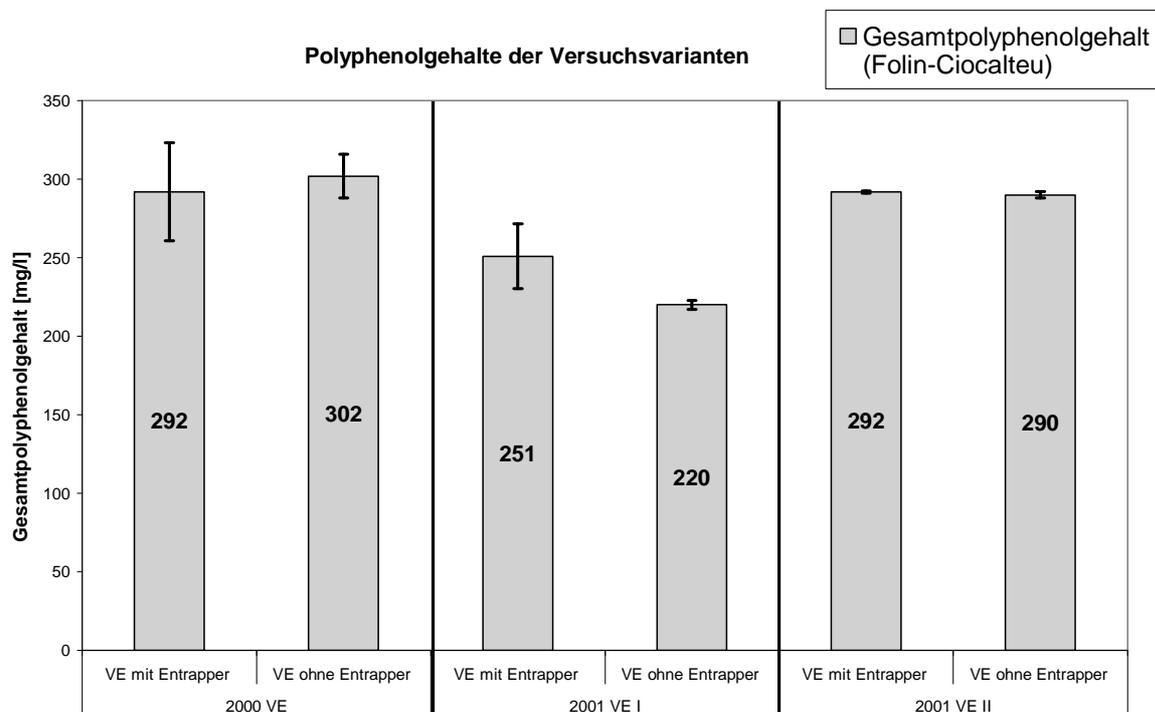


Abb. 25: Gesamtpolyphenolgehalt [nach *Folin-Ciocalteu*] der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001

Die Polyphenolgehalte der Versuchsweine ließen Unterschiede zwischen den Varianten erkennen und sind in Ergänzung zur Tab. 4 in Abb. 25 und Abb. 26 graphisch dargestellt. Der Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* zeigte bei der aus gesundem Traubenmaterial gelesenen Variante im Jahr 2001 einen höheren Wert in der entrappten Variante (251 mg/l) im Vergleich zur nicht entrappten Variante

(220 mg/l). Die beiden übrigen Versuche aus stärker fäulnisbelastetem Lesegut, sowohl im Jahr 2000 als auch 2001, wiesen mit Werten um die 300 mg/l nahezu identische Gesamtpolyphenolgehalte zwischen den Varianten mit bzw. ohne Entrappung auf. Ihre Gesamtpolyphenolgehalte lagen insgesamt betrachtet höher als die der Variante im Jahr 2001 aus weniger faulem Lesegut.

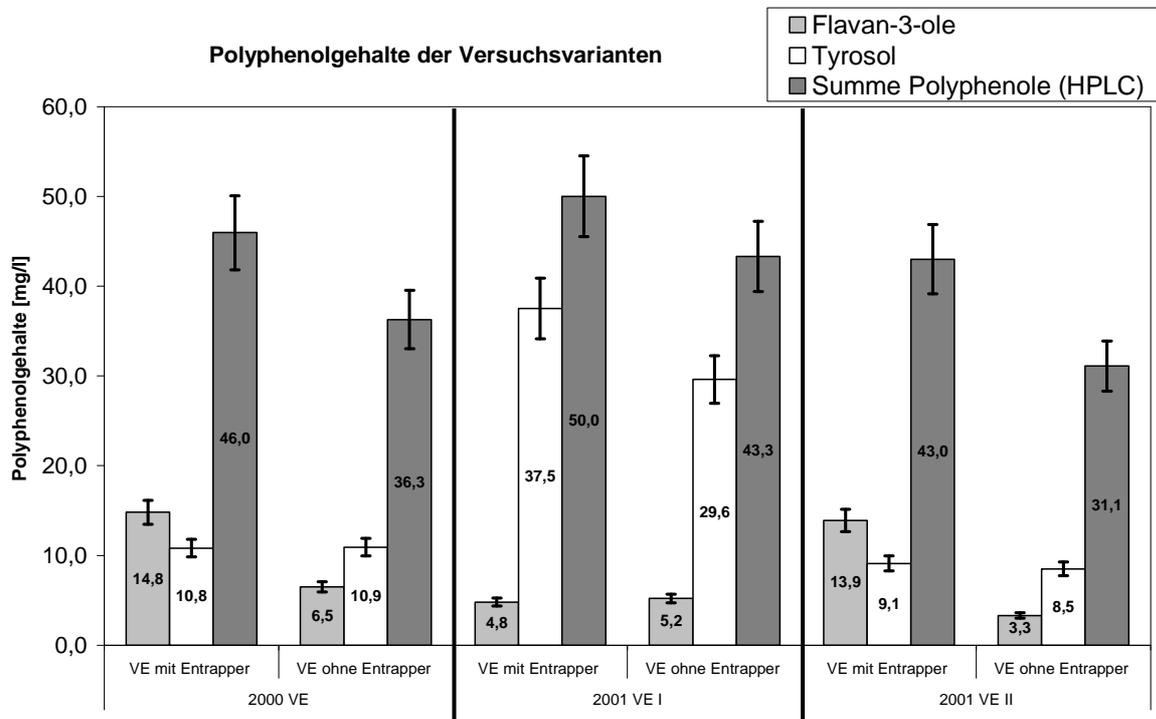


Abb. 26: Polyphenolgehalte, bestimmt mittels HPLC¹, der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001

Die Summe¹ der mittels HPLC bestimmten Polyphenole ließ dagegen in allen drei Versuchsansätzen erkennen, dass der Entrapper eine Erhöhung dieser Substanzen im Wein bewirkte (vgl. Abb. 26). Im Detail konnten diese erhöhten Gehalte vor allem in den stark fäulnisbelasteten Varianten (2000 VE und 2001 VE II) auf signifikant höhere Flavan-3-ol-Gehalte ((+)-Catechin und (-)-Epicatechin) zurückgeführt werden. Bei der früh gelesenen Variante im Jahrgang 2001 war dies nicht zu beobachten. Der bei der entrappten Variante in Versuch 2001 VE I erhöhte Gehalt an Gesamtpolyphenolen, bestimmt mittels HPLC, war hauptsächlich auf den höheren Tyrosolgehalt zurückzuführen. Insgesamt betrachtet zeigten alle Versuchsweine in der Summe¹ der Polyphenole (HPLC) Gehalte zwischen 30 und 50 mg/l.

¹ HPLC-Analytik und Aufstufung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Die übrigen untersuchten Polyphenolgruppen (Phenolcarbonsäuren und Resveratrole) ließen keine deutlichen Unterschiede zwischen den Versuchsweinpaaren erkennen. Einzig in der Variante 2001 VE II wies die nicht entrappte Variante, verglichen mit der entrappten Variante, höhere Gehalte an Resveratrolen bei gleichzeitig geringeren Werten der Phenolcarbonsäuren auf (vgl. Tab. 4). Dabei fiel auch auf, dass die Gehalte an Phenolcarbonsäuren bei den Varianten aus fäulnisbelastetem Lesegut deutlich über denen der Versuchsserie aus gesünderem Lesegut (2001 VE I) lagen.

4.1.3 Farbausprägung der entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingweine

Bei der Betrachtung der Farbe zeigten sich nur bei den Versuchsweinen aus dem Jahrgang 2000 deutliche Unterschiede in der Farbausprägung. Bei der nicht entrappten Variante im Jahr 2000 wurden um 15 % höhere Extinktionswerte (420 nm) gegenüber der entrappten Variante gemessen, d.h. dieser Wein enthielt mehr braune Farbpigmente (vgl. Abb. 27).

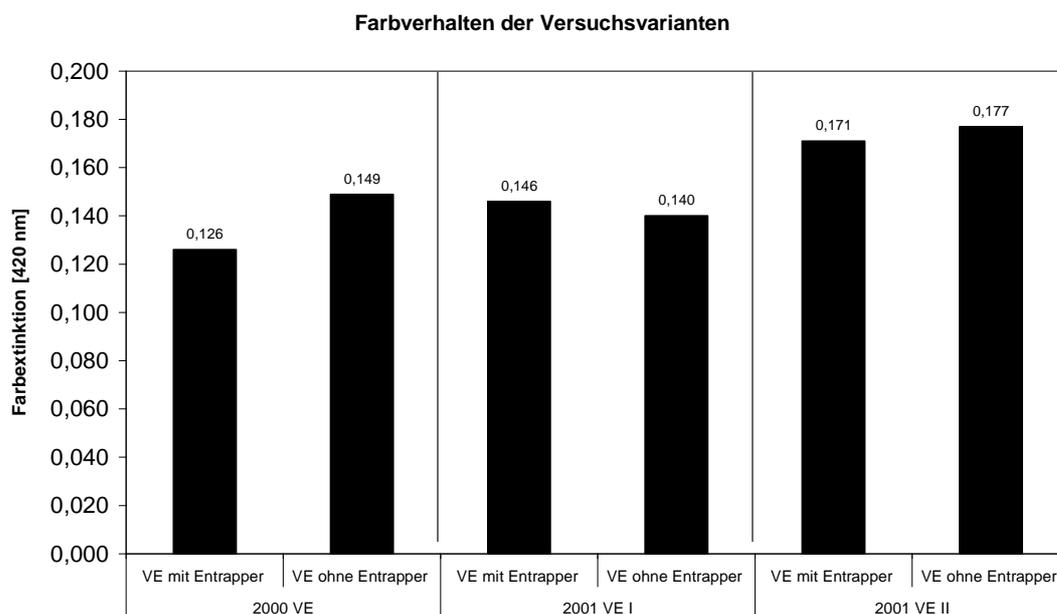


Abb. 27: Ergebnisse der Extinktionsmessung (420 nm) zur Farbbeurteilung der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001

Bei der fäulnisbelasteten Variante VE II im Jahr 2001 konnte im direkten Vergleich mit der ebenfalls fäulnisbelasteten Variante aus dem Vorjahr tendenziell eine ähnliche Verteilung festgestellt werden, allerdings dort mit einem Farbunterschied von nur 3,4 % deutlich schwächer ausgeprägt. Die Variante 2001 VE I verhielt sich mit einer

Extinktionsdifferenz von 4,1 % gegensätzlich, d.h. in diesem Fall wurde im entrappten Versuchswein eine leicht höhere Extinktion bei 420 nm, verglichen mit der nicht entrappten Variante, gemessen (vgl. Abb. 27).

Die Varianten 2000 VE und 2001 VE I lagen auf ähnlichem Farbniveau, wobei die entrappte Variante aus dem Jahrgang 2000 am wenigsten Brauntöne zeigte. Die Weine der Variante 2001 VE II lagen insgesamt um ca. 15 % höher, verglichen mit den beiden übrigen Versuchsweinpaaren.

4.1.4 Sensorische Qualität der entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingweine

Bei der sensorischen Analyse der Versuchsweine zeigten die Weine des 2000er Jahrgangs insgesamt statistisch deutlichere Qualitätsunterschiede als im Jahrgang 2001, was anhand der in Abb. 28 bis Abb. 30 dargestellten Signifikanzniveaus zu erkennen ist.

Im Jahr 2000 schnitt die entrappte Variante im Gesamturteil signifikant ($p \leq 0,05$) schlechter ab als die nicht entrappte Variante (vgl. Abb. 28). Dieser Unterschied konnte auch in einem vorab durchgeführten Dreieckstest mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 5 % bestätigt werden (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Ergebnisse der Dreiecksprüfung der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrapper in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=14]

Versuchsvarianten Riesling im Jahrgang 2000 und 2001	Signifikanter Unterschied
2000 VE mit Entrapper – ohne Entrapper	sign. Unterschied ($p \leq 0,05$)
2001 VE I mit Entrapper – ohne Entrapper	kein Unterschied
2001 VE II mit Entrapper – ohne Entrapper	kein Unterschied

Die negative Beeinflussung der Qualität war im Wesentlichen auf die polyphenolischen Noten, wie „rappig“ oder „grüner Apfel“ und tendenziell auch auf das Attribut „frisches Gras“ zurückzuführen. In den ersten beiden Attributen wurde die entrappte Variante signifikant intensiver bewertet. Dies drückte sich allgemein in einer weniger fruchtigen Nase und in einer insgesamt schlechteren Geruchsqualität aus (vgl. Abb. 28). Die nicht

entrappte Variante zeigte in der sensorischen Analyse mehr Farbe als die entrappte Variante, was sich auch mit den Ergebnissen der Extinktionsmessungen in Kap. 4.1.3 deckt (vgl. Abb. 27).

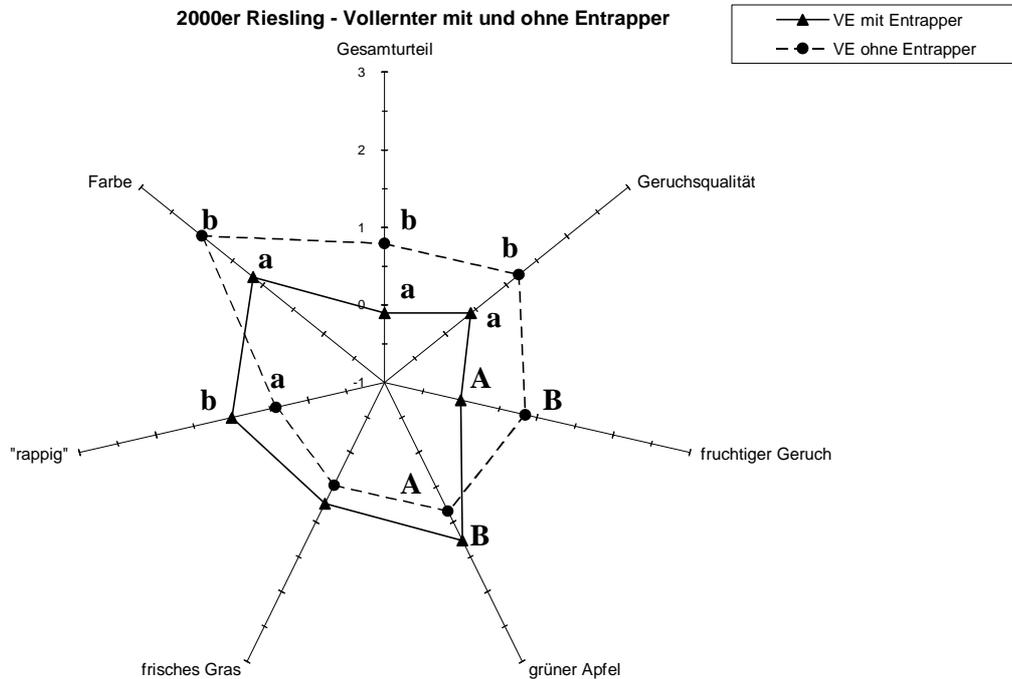


Abb. 28: Ergebnisse der Verkostung von Versuchswinen der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung im Jahrgang 2000 [n=19]

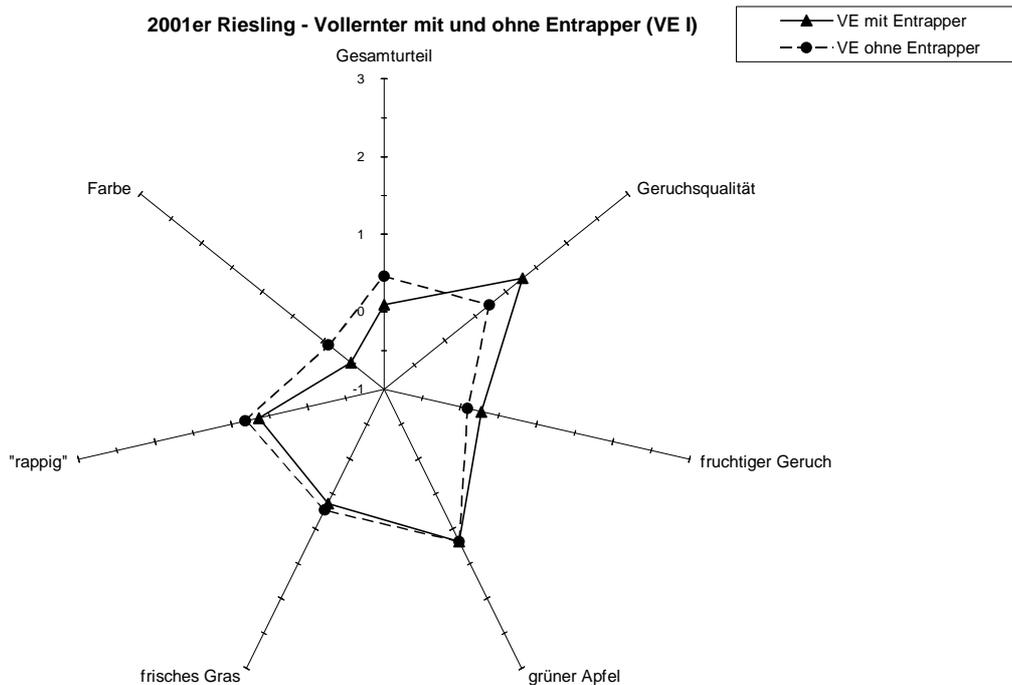


Abb. 29: Ergebnisse der Verkostung von Versuchswinen der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung im Jahrgang 2001 (VE I) [n=11]

In der früher gelesenen Variante im Jahr 2001 wurden von den Verkostern in den abgefragten sensorischen Attributen keine Unterschiede festgestellt (vgl. Abb. 29). Im Dreieckstest konnte analog dazu kein signifikanter Unterschied gefunden werden, was somit die fehlende Differenzierung in der deskriptiven Sensorik bestätigte (vgl. Tab. 5). Die Unterschiede sowohl in den Mosttrubgehalten (vgl. Abb. 24) als auch in den Gesamtpolyphenolgehalten nach *Folin-Ciocalteu* im Wein (vgl. Abb. 25) spiegelten sich, wie Abb. 29 zeigt, nicht in der sensorischen Qualität der Versuchsweine wider.

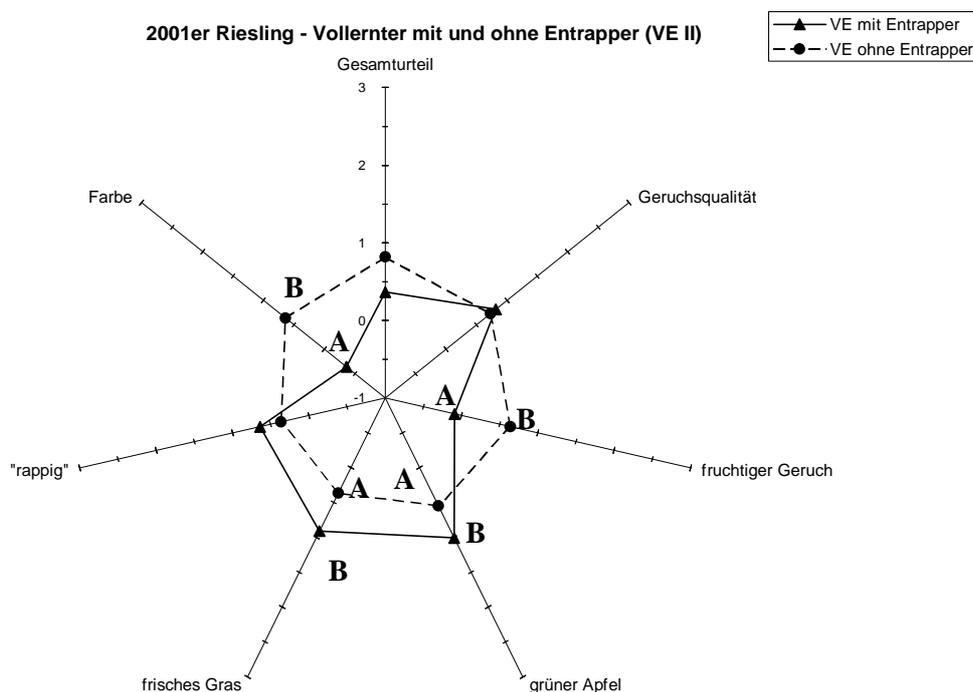


Abb. 30: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung im Jahrgang 2001 (VE II) [n=11]

Bei der zweiten Versuchsanstellung im Jahr 2001 (vgl. Abb. 30) ließ die Verkostung dieselbe sensorische und qualitative Differenzierung zwischen den Versuchsweinen wie im Jahr 2000 erkennen. Auch hierbei zeichnete sich die entrappte Variante stärker von polyphenolisch geprägten Noten, wie „frisches Gras“ oder „grüner Apfel“, aus. Im Gesamturteil wurde sie allerdings nur tendenziell, d.h. ohne Signifikanz, schlechter bewertet. Mit einer Signifikanz von $p \leq 0,15$ schlugen sich analog zu den Ergebnissen des Versuchansatzes 2000 VE I auch im Folgejahr die polyphenolischen Noten in einem weniger fruchtigen Geruch nieder. Eine damit verbundene negative Beeinflussung der allgemeinen Geruchsqualität konnte jedoch im Gegensatz zu den

Ergebnissen aus dem Jahr 2000 von den Verkostern nicht festgestellt werden. Die nicht entrappte Variante wurde auch in diesem Versuchsansatz, wie schon bei den Weinen aus dem Jahr 2000 beobachtet, als farbintensiver bewertet. Dies war bereits, wenn auch nur anhand geringer Unterschiede, in den Extinktionsmessungen der Versuchsweine zu erkennen (vgl. Abb. 27).

4.1.5 Korrelationen zwischen der sensorischen Weinqualität und den polyphenolischen Inhaltsstoffen bei Rieslingweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung in den Jahrgängen 2000 und 2001

In Tab. 6 sind zunächst die Korrelationen zwischen den analysierten Most- bzw. Weinparameter und den Ergebnissen der sensorischen Qualitätsanalyse der sechs in diesem Kapitel untersuchten Versuchsvarianten dargestellt.

Tab. 6: Korrelationen [nach Pearson] zwischen Most- bzw. Weininhaltsstoffen und der Sensorik bei Rieslingweinen aus Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung in den Jahrgängen 2000 und 2001 (n=6)

		Sed.-Trub	Schl.-Trub	frisches Gras	"rappig"	fruchtige Nase	Geruchsqualität	Gesamturteil	Summe Polyphenole (HPLC) ¹	Flavan-3-ole ¹
Sed.-Trub	r =	1	,724	,209	-,226	-,177	-,295	,095	-,310	,549
	p =	.	,104	,690	,667	,737	,570	,858	,550	,259
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Schl.-Trub	r =	,724	1	,183	-,228	-,324	-,195	,009	-,114	,123
	p =	,104	.	,728	,663	,531	,711	,986	,829	,816
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
frisches Gras	r =	,209	,183	1	,690	-,916*	-,278	-,642	,700	,729
	p =	,690	,728	.	,129	,010	,593	,169	,121	,100
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
"rappig"	r =	-,226	-,228	,690	1	-,798	-,578	-,843*	,725	,600
	p =	,667	,663	,129	.	,057	,230	,035	,103	,208
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
fruchtige Nase	r =	-,177	-,324	-,916*	-,798	1	,515	,748	-,696	-,655
	p =	,737	,531	,010	,057	.	,296	,087	,124	,158
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Geruchsqualität	r =	-,295	-,195	-,278	-,578	,515	1	,284	,071	-,508
	p =	,570	,711	,593	,230	,296	.	,586	,893	,303
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Gesamturteil	r =	,095	,009	-,642	-,843*	,748	,284	1	-,891*	-,585
	p =	,858	,986	,169	,035	,087	,586	.	,017	,223
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Summe Polyphenole (HPLC) ¹	r =	-,310	-,114	,700	,725	-,696	,071	-,891*	1	,376
	p =	,550	,829	,121	,103	,124	,893	,017	.	,462
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Flavan-3-ole ¹	r =	,549	,123	,729	,600	-,655	-,508	-,585	,376	1
	p =	,259	,816	,100	,208	,158	,303	,223	,462	.
	N =	6	6	6	6	6	6	6	6	6

¹ HPLC-Analytik und Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs waren nur wenige signifikante Korrelationen zu erkennen. Bezüglich der Weinsensorik zeigte sich, dass das Attribut „frisches Gras“ eine negative Korrelation ($r=-0,916^*$) zur Fruchtigkeit des Geruches aufwies. Auch die Bewertung des „rappigen“ Charakters der Weine stand mit $r=-0,843^*$ in einem negativen Zusammenhang mit dem Gesamturteil, tendenziell auch mit der Fruchtigkeit des Geruches. Eine Verbindung zwischen den polyphenolischen Inhaltsstoffen und der Sensorik konnte mit $r=-0,891^*$ zwischen der Summe¹ der Polyphenole, bestimmt mittels HPLC, und dem Gesamturteil gefunden werden. Je geringer die Summe der monomeren Polyphenole (HPLC), desto besser wurden die Versuchsweine im Gesamturteil bewertet (vgl. Abb. 31).

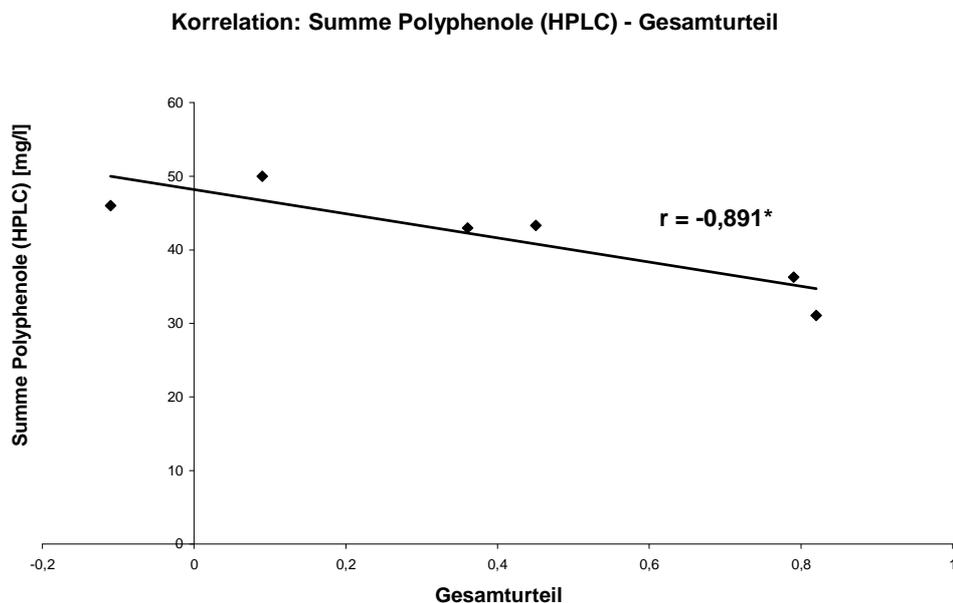


Abb. 31: Korrelationsdiagramm [nach *Pearson*] zwischen der Summe Polyphenole (HPLC)¹ und dem Gesamturteil der Versuchsweine aus während der Vollernterlese entrappten bzw. nicht entrappten Rieslingtrauben in den Jahrgängen 2000 und 2001

Alle übrigen untersuchten Parameter zeigten bei der alleinigen Verfahrensbetrachtung keine signifikanten Korrelationen untereinander. Weder die Trubgehalte noch die Polyphenolgruppen konnten miteinander oder mit den sensorischen Attributen in einen statistischen Zusammenhang gebracht werden. Tendenziell zeigte sich aber mit $r=0,729$ ($p \leq 0,10$) schon ein positiver Zusammenhang zwischen dem Gehalt an

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Flavan-3-olen und dem Attribut „frisches Gras“, der sich bei den Berechnungen mit einer größeren Stichprobenanzahl auch bestätigte. Das Gleiche galt auch für die Korrelationen zwischen dem Sedimentationstrub und dem Schleudertrub untereinander. Eine bessere Auskunft über die Zusammenhänge zwischen der Traubenverarbeitungstechnologie, den polyphenolischen Inhaltsstoffen und der Sensorik gaben daher die in Tab. 7 dargestellten Ergebnisse der versuchsübergreifenden Korrelationsberechnung. Dabei wurden die Analysen von insgesamt 23 verschiedenen Versuchsvarianten zur Traubenverarbeitung von Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 mit den sensorischen Bewertungen der entsprechenden Versuchsweine verrechnet (vgl. Kap. 3.5.4.1).

Tab. 7: Korrelationen [nach Pearson] zwischen Most- bzw. Weininhaltsstoffen und der Sensorik bei Rieslingweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung in den Jahrgängen 2000 und 2001 (n=23)

	Sed.-Trub	Schl.-Trub	frisches Gras	"rappig"	fruchtige Nase	Geruchsqualität	Gesamturteil	Summe Polyphenole (HPLC) ¹	Flavan-3-ole ¹
Sed.-Trub	r = 1 p = . N = 23	,777 ** ,000 23	-,007 ,973 23	,076 ,732 23	-,385 ,069 23	-,437 * ,037 23	-,538 ** ,008 23	,479 * ,024 22	,520 * ,013 22
Schl.-Trub	r = ,777 ** p = ,000 N = 23	1 . 23	-,167 ,446 23	,075 ,734 23	-,180 ,412 23	-,231 ,290 23	-,437 * ,037 23	,492 * ,020 22	,329 ,135 22
frisches Gras	r = -,007 p = ,973 N = 23	-,167 ,446 23	1 . 23	,080 ,717 23	-,425 * ,043 23	-,323 ,133 23	-,121 ,582 23	,216 ,334 22	,553 ** ,008 22
"rappig"	r = ,076 p = ,732 N = 23	,075 ,734 23	,080 ,717 23	1 . 23	-,648 ** ,001 23	-,575 ** ,004 23	-,662 ** ,001 23	,280 ,207 22	-,042 ,853 22
fruchtige Nase	r = -,385 p = ,069 N = 23	-,180 ,412 23	-,425 * ,043 23	-,648 ** ,001 23	1 . 23	,821 ** ,000 23	,781 ** ,000 23	-,493 * ,020 22	-,270 ,224 22
Geruchsqualität	r = -,437 * p = ,037 N = 23	-,231 ,290 23	-,323 ,133 23	-,575 ** ,004 23	,821 ** ,000 23	1 . 23	,727 ** ,000 23	-,287 ,196 22	-,278 ,210 22
Gesamturteil	r = -,538 ** p = ,008 N = 23	-,437 * ,037 23	-,121 ,582 23	-,662 ** ,001 23	,781 ** ,000 23	,727 ** ,000 23	1 . 23	-,670 ** ,001 22	-,167 ,457 22
Summe Polyphenole (HPLC) ¹	r = ,479 * p = ,024 N = 22	,492 * ,020 22	,216 ,334 22	,280 ,207 22	-,493 * ,020 22	-,287 ,196 22	-,670 ** ,001 22	1 . 22	,484 * ,022 22
Flavan-3-ole ¹	r = ,520 * p = ,013 N = 22	,329 ,135 22	,553 ** ,008 22	-,042 ,853 22	-,270 ,224 22	-,278 ,210 22	-,167 ,457 22	,484 * ,022 22	1 . 22

¹ HPLC-Analytik und Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten zeigte für die beiden Trubwerte einen positiven Zusammenhang (Sedimentationstrub $r=0,479^*$ und Schleudertrub $r=0,492^*$) zu der mittels HPLC bestimmten Summe¹ der polyphenolischen Verbindungen im Wein. Der Sedimentationstrub korrelierte außerdem mit $r=0,520^*$ positiv mit der Gruppe der Flavan-3-ole, d.h. mit steigendem Sedimentationstrub der Moste nahmen die Gehalte an Flavan-3-olen ((+)-Catechin und (-)-Epicatechin) im späteren Wein zu. Die Schleudertrubgehalte korrelierten mit $r=0,777^*$ positiv mit den Sedimentationstrubgehalten und umgekehrt. Je mehr Trubmengen die Traubenverarbeitung verursachte, desto höher war folglich die Summe¹ der monomeren Polyphenole (bestimmt mittels HPLC) und dabei insbesondere die Gehalte an Flavan-3-olen im späteren Wein. Ein eindeutig signifikanter Zusammenhang zwischen den Mosttrubwerten und dem Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* im Wein konnte nicht gefunden werden (vgl. Tab. 8). Es zeigte sich aber über alle 23 Varianten betrachtet, dass mit $p \leq 0,054$ die Signifikanzschranke von 5 % nur wenig überschritten wurde und sich ein tendenziell positiver Zusammenhang vermuten lässt.

		Sed.-Trub	Schl.-Trub	Foltingehalt Wein
Sed.-Trub	r =	1	,777**	,158
	p =	.	,000	,472
	N =	23	23	23
Schl.-Trub	r =	,777**	1	,407
	p =	,000	.	,054
	N =	23	23	23
Foltingehalt Wein	r =	,158	,407	1
	p =	,472	,054	.
	N =	23	23	23

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tab. 8: Korrelationen [nach *Pearson*] zwischen den Trubgehalten und dem Gesamtpolyphenolgehalt [nach *Folin-Ciocalteu*] in Rieslingweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung in den Jahrgängen 2000 und 2001

Bezüglich der sensorischen Qualität zeigte sich mit $r=-0,670^{**}$ eine negative Korrelation zwischen dem Gesamturteil und der mittels HPLC bestimmten Summe¹ der Polyphenole. Dieser Zusammenhang konnte bereits nur für die sechs

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Versuchsvarianten alleine betrachtet, gezeigt werden (vgl. Tab. 6). Das bedeutet, dass auch verfahrensübergreifend höhere Gehalte an monomeren Polyphenolen eine schlechtere sensorische Qualität bewirkten. Dies bestätigte sich mit $r=-0,493^*$ auch für die Beziehung zwischen dem Attribut „fruchtige Nase“ und der Summe der monomeren Polyphenole, was ebenfalls in der Einzelversuchsbetrachtung (vgl. Tab. 6) bereits mit einem Korrelationskoeffizient von $r=-0,696$ tendenziell für diese beiden Parameter zu beobachten war. In der Folge zeigten die Versuchsweine mit höheren Polyphenolgehalten (bestimmt mittels HPLC) einen weniger fruchtigen Geruch. Eine Korrelation zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* und den untersuchten sensorischen Attributen konnte nicht gefunden werden.

Der fruchtige Geruch beeinflusste signifikant positiv die Geruchsqualität ($r=0,821^{**}$) und das Gesamturteil ($r=0,781^{**}$), wie Tab. 7 zeigt. Das sensorische Attribut „rappig“ dagegen zeigte eine negative Korrelation mit dem Gesamturteil ($r=-0,662^{**}$), der Geruchsqualität ($r=-0,575^{**}$) und der Fruchtigkeit des Geruches ($r=-0,648^{**}$). Negativ auf die Fruchtigkeit im Geruch wirkte sich mit $r=-0,425^*$ auch das Aroma nach frischem Gras aus.

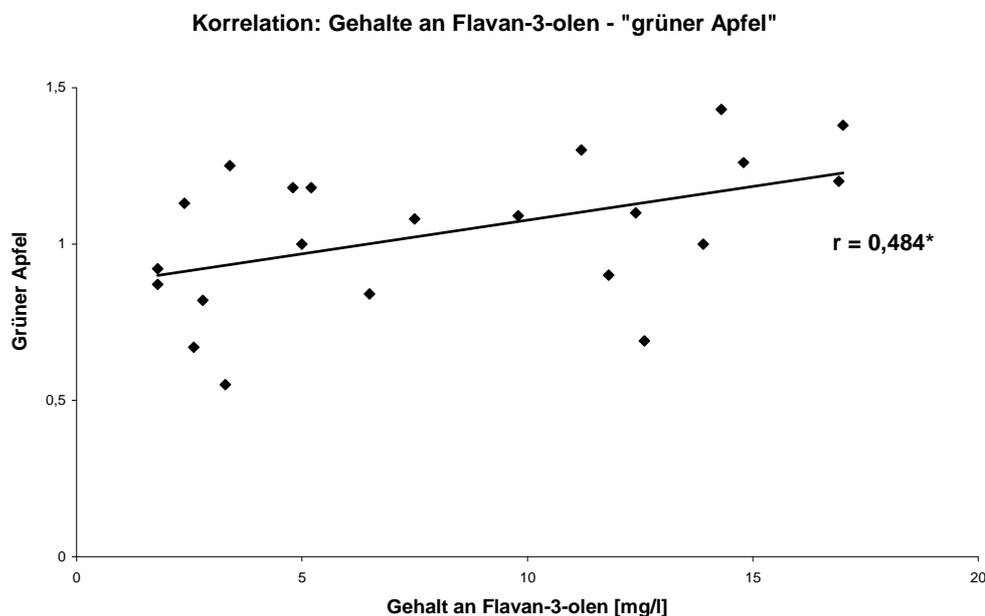


Abb. 32: Korrelationsdiagramm [nach *Pearson*] zwischen dem Gehalt an Flavan-3-olen¹ und dem Attribut „grüner Apfel“ bei Versuchsweinen aus unterschiedlicher Traubenverarbeitung von Rieslingtrauben aus den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=23]

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Ein interessanter Zusammenhang zwischen den polyphenolischen Inhaltsstoffen und der Sensorik zeigte sich in Tab. 7 zwischen dem Attribut „frisches Gras“ und dem Gehalt an Flavan-3-olen. Dort konnte mit $r=0,553^{**}$ eine signifikant positive Korrelation berechnet werden, was bedeutet, dass mit steigenden Gehalten dieser Polyphenolgruppe der grasige Charakter des Weines zunahm. Auch für das Attribut „grüner Apfel“ konnte mit $r=0,484^*$ ein positiver Zusammenhang mit den Flavan-3-ol-Gehalten gefunden werden (vgl. Abb. 32). Die Gehalte an Flavan-3-olen wiederum korrelierten positiv ($r=0,484^*$) mit der Summe der monomeren Polyphenole, bestimmt mittels HPLC, und dieser hatte, wie oben bereits beschrieben, einen negativen Einfluss auf das sensorische Gesamturteil der untersuchten Weine (vgl. Tab. 6 und Tab. 7).

Der Kreis der Zusammenhänge zwischen der Traubenverarbeitung, den polyphenolischen Inhaltsstoffen und der sensorischen Weinqualität schließt sich mit der Betrachtung der Trubgehalte in Tab. 7. Sowohl für den Schleudertrubgehalt ($r=-0,437^*$) als auch für den Sedimentationstrubgehalt ($r=-0,538^{**}$) fand sich ein signifikant negativer Zusammenhang mit dem Gesamturteil. Im Fall des Sedimentationstrubes konnte mit $r=-0,437^*$ auch eine signifikant negative Beeinflussung der Geruchsqualität festgestellt werden.

4.2 Einfluss unterschiedlicher Mostvorklärvverfahren auf die Weinqualität von Rheingauer Rieslingweinen

4.2.1 Resttrubgehalte der unterschiedlich vorgeklärten Rieslingmoste

Die Resttrubgehalte (Schleudertrubgehalte) der Versuchsmoste sind in Abb. 33 graphisch dargestellt. Anhand der Kontrollvarianten erkennt man den Ausgangstrubgehalt der Moste. Dabei sieht man deutlich, dass bei der Variante 2000 II durch das wesentlich gesündere Lesegut (vgl. Tab. 9) die der Mostvorklärung vorausgegangene und für alle drei Versuchsansätze identische Traubenverarbeitung um rund 0,5 %w/w niedrigere Resttrubgehalte im Vergleich zu den Varianten 2000 I und 2001 I verursachte. Betrachtet man die Trubgehalte der drei Versuchsansätze genauer (vgl. Abb. 33), so sieht man, dass die nicht vorgeklärten Varianten erwartungsgemäß die höchsten Resttrubgehalte zeigten und alle untersuchten Verfahren in beiden Jahren den von SECKLER, JUNG und FREUND (2000) angegebenen maximal tolerierbaren Resttrubgehalt von 0,6 %w/w unterschritten. Dabei zeigte der Drehfilter mit max. 0,03 %w/w den stärksten Vorklärgrad, aber auch die Sedimentation in 2001 I zeichnete sich mit 0,06 %w/w durch einen sehr geringen Resttrubgehalt aus.

Resttrubgehalte der Versuchsmoste der Jahrgänge 2000 und 2001

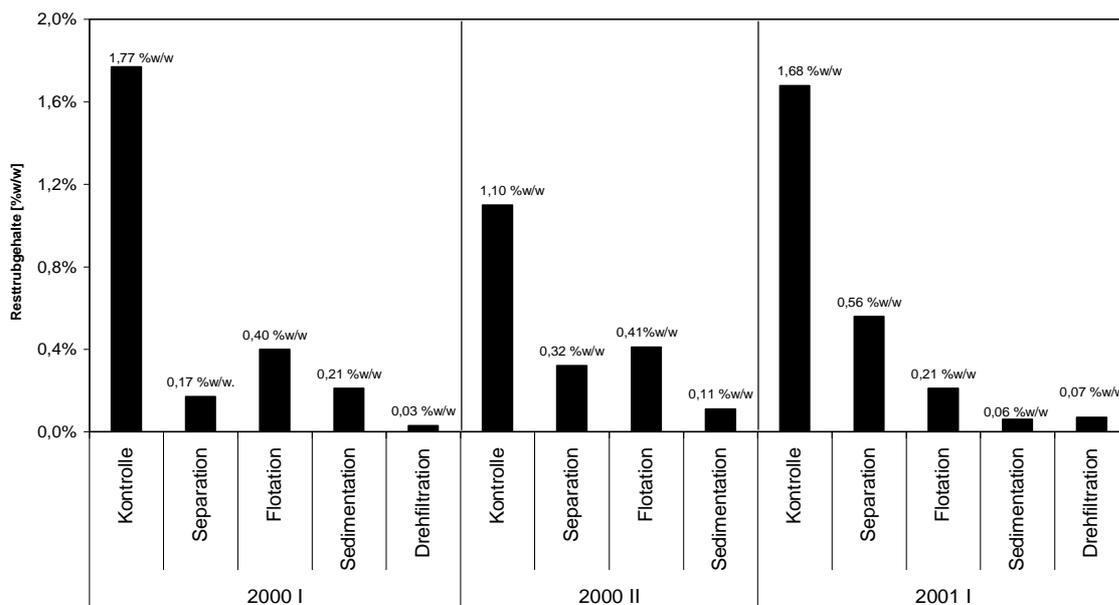


Abb. 33: Resttrubgehalte der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärvverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001

Die Vorklärvarianten Separator und Flotation verhielten sich in den beiden untersuchten Jahrgängen gegensätzlich. In 2000 brachte die Separation einen besseren Vorklärgrad als die Flotation, im darauf folgenden Jahr war der umgekehrte Fall zu beobachten. Dabei konnte die Separation in 2001 nur knapp die geforderten 0,6 %w/w unterschreiten. In 2000 I gab es dagegen bei annähernd gleichem Ausgangstrubgehalt (s. Kontrollvarianten) keine Klärschwierigkeiten bei der Separation. Im Jahr 2000 konnte bei der Flotation im Vergleich der untersuchten Verfahren in beiden Versuchsanstellungen mit 0,40 bzw. 0,41 %w/w der schlechteste Vorklärgrad beobachtet werden. Im Folgejahr zeigte die Flotationsvariante (0,21 %w/w) nach der Separation (0,56 %w/w) die zweithöchsten Resttrubgehalte.

4.2.2 Analyse der polyphenolischen Most- und Weinhaltstoffe der unterschiedlich vorgeklärten Rieslingweine

Tab. 9: Most- und Weinanalysen der Versuchsvarianten zur Mostvorklärung bei der Rebsorte Riesling im Jahrgang 2000

	2000 Vorklärversuch I					2000 Vorklärversuch II			
	Kontrolle	Separation	Flotation	Sedimentation	Drehfiltration	Kontrolle	Separation	Flotation	Sedimentation
<u>Traubenmaterial</u>									
Lesezeitpunkt	10.10.2000					16.10.2000			
Fäulnis - Befallshäufigkeit [%]	45					16			
Fäulnis - Befallsstärke [%]	85								
<u>Mostdaten</u>									
Resttrub [%w/w]	1,77	0,17	0,40	0,21	0,03	1,10	0,32	0,41	0,11
Gesamtpolyphenolgehalt nach Folin [mg/l]	436	409	317	408	386	373	338	324	366
Mostgewicht [°Oe]	78	76	78	78	77	78	78	78	78
pH-Wert	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,1	3,1	3,0
Gesamtsäure (berechnet als Weinsäure) [g/l]	11,3	11,1	11,1	11,3	11,1	11,4	11,4	10,9	11,4
<u>Weindaten</u>									
vorhandener. Alkohol [%v/v]	12,4	11,9	12,4	12,4	12,2	12,3	12,2	12,4	11,9
zuckerfreier Extrakt [g/l]	24,8	23,6	24,1	24,3	23,8	24,0	23,4	22,9	22,2
Restzucker [g/l]	2,0	2,3	2,0	2,0	2,4	2,2	4,7	2,1	3,0
Freie SO ₂ [mg/l]	40	35	37	35	39	30	24	25	26
Gesamte SO ₂ [mg/l]	129	101	111	107	108	131	133	121	129
pH-Wert	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,5	3,5	3,6
Gesamtsäure (berechnet als Weinsäure) [g/l]	7,7	7,3	7,5	7,6	7,7	8,0	8,0	7,6	5,5
Gesamtpolyphenolgehalt <i>Folin-Ciocalteu</i> [mg/l]	288	240	180	303	232	273	280	269	316
Summe Polyphenole (HPLC) ¹ [mg/l]	-	-	-	-	-	35,8	18,9	27,1	21,3
Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	-	-	-	-	-	3,5	4,4	6,5	3,4
Resveratrole ¹ [mg/l]	-	-	-	-	-	8,0	4,5	7,1	6,9
Phenolcarbonsäuren ¹ [mg/l]	-	-	-	-	-	4,6	3,7	3,6	4,1
Tyrosol [mg/l]	-	-	-	-	-	19,7	6,3	9,9	6,9

Die in Tab. 9 und Tab. 10 dargestellten Ergebnisse zeigen die Most- und Weinanalysen, die in erster Linie zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der Versuchsweine innerhalb der Versuchsansätze dienten. Die fett markierten Restzucker- und Säuregehalte sowie der niedrigere zuckerfreie Extraktgehalt zeigten im Vergleich zu den Ergebnisse der übrigen Varianten stärker abweichende Werte, die aber ohne störenden Einfluss auf die für die Verfahrensbeurteilung ausgewählten sensorischen Attribute (vgl. Kap. 4.1.4) blieben. Die übrigen allgemeinen Analysenparameter wiesen keine auffälligen Unterschiede auf, so dass die Versuchsweine als vergleichbar eingestuft werden konnten und somit die Voraussetzungen für eine sensorische Analyse gegeben waren.

Tab. 10: Most- und Weinanalysen der Versuchsvarianten zur Mostvorklärung bei der Rebsorte Riesling im Jahrgang 2001

	2001 Vorklärversuch I				
	Kontrolle	Separation	Flotation	Sedimentation	Drehfiltration
<u>Traubenmaterial</u>	15.10.2001				
Lesezeitpunkt	25				
Fäulnis - Befallshäufigkeit [%]	80				
Fäulnis - Befallsstärke [%]					
<u>Mostdaten</u>					
Resttrub [%w/w]	1,68	0,56	0,21	0,06	0,07
Gesamtpolyphenolgehalt nach Folin [mg/l]	277	258	280	374	265
Mostgewicht [°Oe]	86	87	86	86	85
pH-Wert	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Gesamtsäure [g/l]	10,9	11,0	10,8	11,0	10,7
<u>Weindaten</u>					
vorhandener Alkohol [%v/v]	11,9	11,7	11,1	11,6	11,7
zuckerfreier Extrakt [g/l]	22,5	22,4	20,8	22,8	22,3
Restzucker [g/l]	2,6	3,4	1,6	6,1	3,0
Freie SO ₂ [mg/l]	53	52	46	54	50
Gesamte SO ₂ [mg/l]	115	116	100	131	112
pH-Wert	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gesamtsäure (berechnet als Weinsäure) [g/l]	9,1	9,6	8,6	9,7	9,6
Gesamtpolyphenolgehalt <i>Folin-Ciocalteu</i> [mg/l]	252	220	164	259	232
Summe Polyphenole (HPLC) ¹ [mg/l]	47,2	37,4	46,8	35,1	36,7
Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	15,7	16,1	17,3	16,9	15,1
Resveratrole ¹ [mg/l]	4,2	2,9	9,9	4,2	6,7
Phenolcarbonsäuren ¹ [mg/l]	4,6	3,2	2,3	4,6	3,2
Tyrosol [mg/l]	22,7	15,2	17,3	9,4	11,7

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Die Befallshäufigkeit (=Anzahl der befallenen Trauben pro Versuchsfläche) und die Befallsstärke (=Prozentanteil des Fäulnisbefalls pro Traube) zur Fäulnisbewertung des für die Versuche verwendeten Traubenmaterials zeigten, dass in beiden Jahrgängen deutlich faules Lesegut zum Einsatz kam. Besonders die Variante 2000 I wies mit 45 % Befallshäufigkeit und einer Befallsstärke von 85 % stark geschädigtes Lesegut auf. In der Versuchswiederholung im Jahr 2000 lag die Befallshäufigkeit mit 16 % deutlich niedriger und auch das Ausmaß des Fäulnisbefalls an den betroffenen Trauben war mit 58 % geringer. Mit 25 % zeigte die Variante 2001 I eine ähnliche Befallshäufigkeit wie im Versuchsansatz 2000 II, allerdings bei einer deutlich höheren Befallsstärke von 80 %.

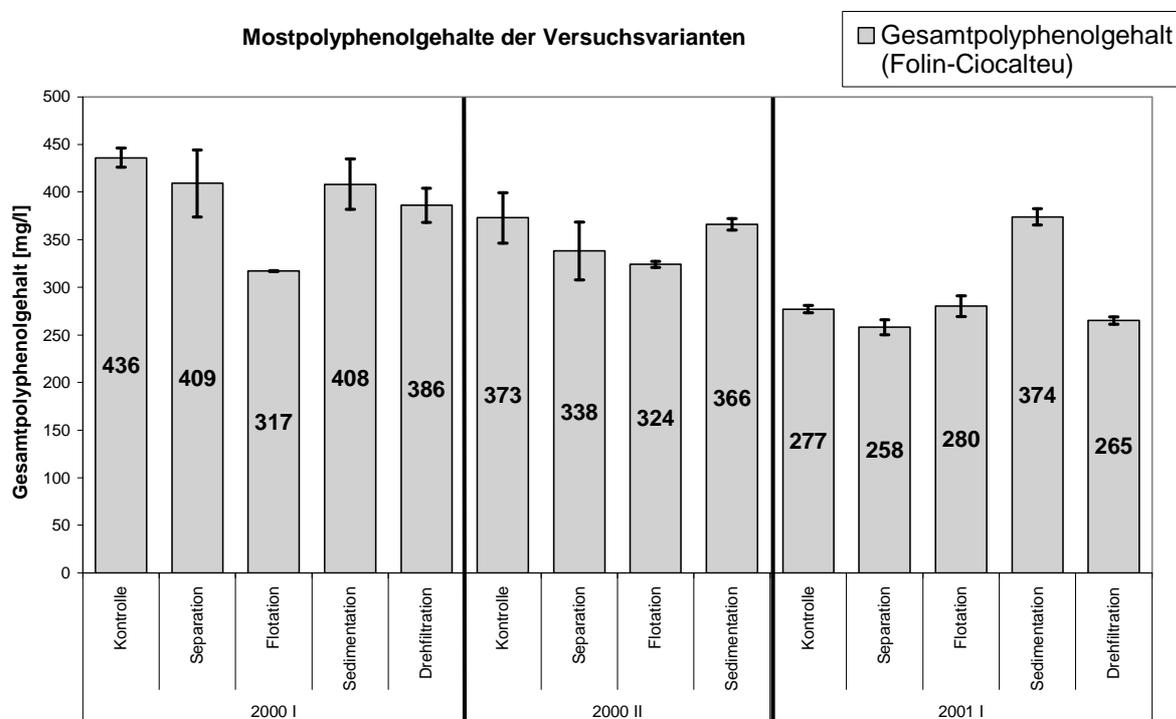


Abb. 34: Mostpolyphenolgehalte [nach *Folin-Ciocalteu*] der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001

Bei der Betrachtung der Mostpolyphenolgehalte (vgl. Abb. 34) war zu erkennen, dass die Sedimentationsvariante in allen drei Versuchsansätzen von den untersuchten Vorklarverfahren immer die höchsten Folinwerte, vergleichbar mit der ungeklärten Kontrollvariante, aufwies. Allerdings war dies nur für den Versuchsansatz 2001 I signifikant feststellbar, in welchem der Gesamtpolyphenolgehalt der Sedimentation sogar mit einer Differenz von fast 100 mg/l über den Werten der Kontrolle und den

übrigen Varianten lag. Der niedrige Gesamtpolyphenolgehalt im Most der Kontrollvariante in 2001 I lässt auf einen Fehler bei der Probennahme schließen, da sich in den ergänzenden Weinanalysen (vgl. Abb. 35), analog zu den beiden vorherigen Versuchsserien, der zu erwartende höhere Gesamtpolyphenolgehalt der Kontrolle zeigte. Im Versuchsansatz 2000 I hatte die Flotationsvariante mit 317 mg/l deutlich niedrigere Folinwerte als die übrigen Vorklärverfahren. Dieser Unterschied zeigte sich in den beiden nachfolgenden Versuchsansätzen nicht so ausgeprägt, da auch die Separation und die Drehfiltration vergleichbar geringe Folinwerte im Most aufwiesen (vgl. Abb. 34).

Betrachtet man zum Vergleich die Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* im Wein (vgl. Abb. 35), so ist zu erkennen, dass sich das Analysenbild aus dem Mostbereich sehr gut auf das Weinstadium übertragen ließ. Eine bestehende Korrelation mit $r=0,566^*$ zwischen beiden Parametern bestätigte dies auch statistisch (vgl. Kap. 4.2.5, Tab. 12). Die geringen Unterschiede der Mostpolyphenolgehalte zwischen der Flotation und der Kontrolle bzw. Sedimentation in den aus weitgehend gesundem Lesegut hergestellten Versuchsvarianten in 2000 II waren im Weinbereich nicht mehr zu finden. Alle Varianten zeigten mit Werten zwischen 269 und 285 mg/l ähnliche Gesamtpolyphenolgehalte.

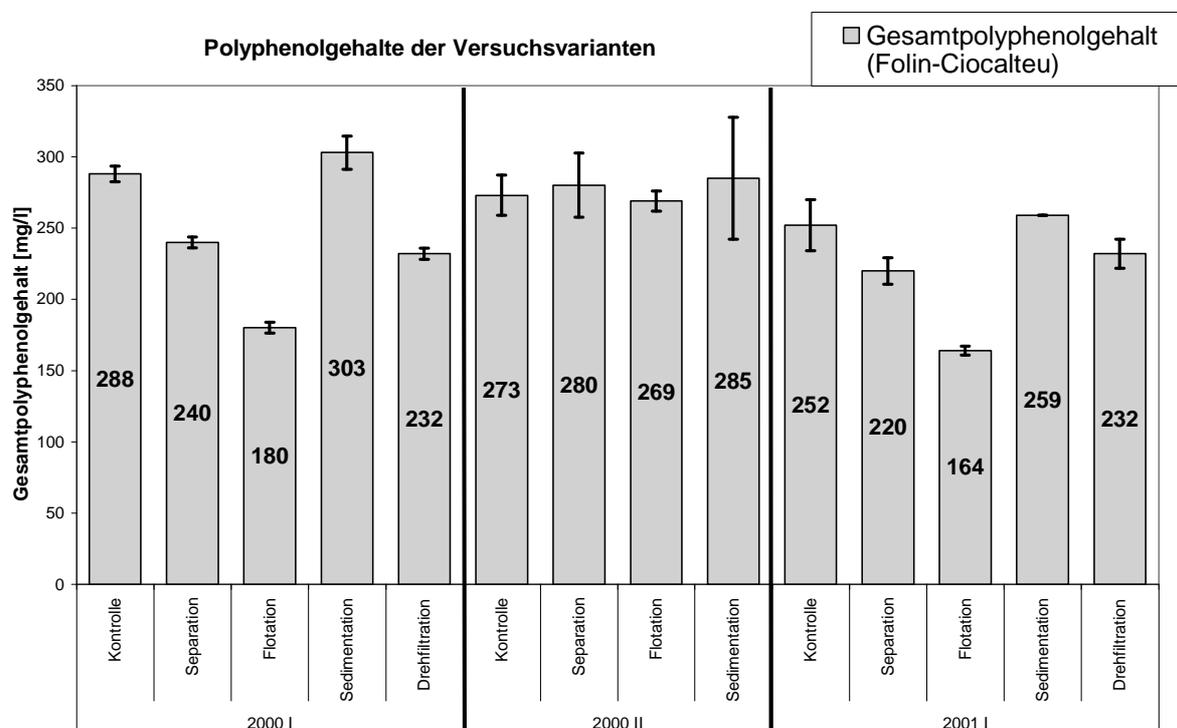


Abb. 35: Gesamtpolyphenolgehalte [nach *Folin-Ciocalteu*] der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001

Eine deutliche Abnahme der Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* um mehr als 35 % war dagegen bei den Flotationsvarianten in den Versuchsansätzen 2000 I und 2001 I erkennbar (vgl. Abb. 35). Analog zu den Mostpolyphenolwerten zeigten beide Versuchsansätze auch in der Weinanalyse das zu erwartende Bild, in dem die Flotation die niedrigsten und die Sedimentation die höchsten Polyphenolgehalte aufwies. Dazwischen lagen die Separation und die Drehfiltration, die sich in ihren Werten kaum unterschieden.

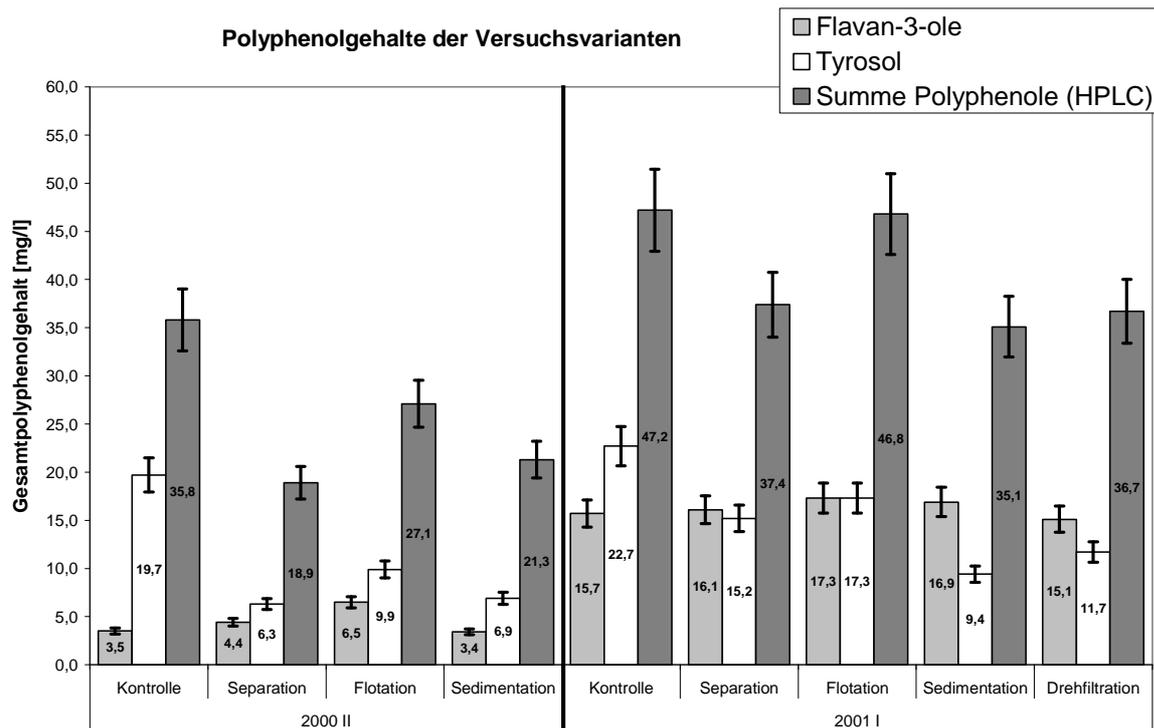


Abb. 36: Polyphenolgehalte mittels HPLC¹ der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001

Zur Ergänzung der Ergebnisse der Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* wurden bei den Varianten 2000 II und 2001 I auch die Gehalte der wichtigsten Polyphenolgruppen dargestellt. Es wird deutlich, dass im Versuchsansatz 2001 I der geringere Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* bei der Flotation in der Summe der mittels HPLC bestimmten Polyphenole nicht erkennbar war. Die Flotation zeigte sogar die höchste Summe¹ an Polyphenolen (HPLC) im Vergleich zu den übrigen unterschiedlich vorgeklärten Varianten. Auch im Versuch 2000 II wies von den untersuchten Vorklärverfahren die Flotation die höchsten Werte in der Summe der

¹ HPLC-Analytik und Aufstufung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

monomeren Polyphenole auf. Die Separation und die Sedimentation, im Jahr 2001 auch die Variante der Drehfiltration, hatten gegenüber der Kontrollvariante ca. 20 bis 40 % geringere Gehalte an monomeren Polyphenolen. Besonders markant waren die verfahrensbedingten Unterschiede der Tyrosolgehalte (vgl. Abb. 35). Kontrolle und Flotation wiesen in beiden Jahrgängen höherer Werte als die übrigen Varianten auf, die Sedimentation zeigte dagegen vor allem im Jahr 2001 deutlich niedrigere Gehalte. Die Gruppe der Flavan-3-ole war bei allen Varianten jeweils innerhalb der beiden analysierten Versuchsansätze annähernd konstant. In 2001 I konnten dabei im Vergleich zum Vorjahr insgesamt höhere Gehalte an Flavan-3-olen festgestellt werden. Bei den übrigen untersuchten Polyphenolgruppen (Phenolcarbonsäuren und Resveratrole) ließen sich keine eindeutig verfahrensbedingten Unterschiede finden. Im Versuch 2001 I fiel auf, dass der Wein aus der Flotation im Vergleich zu den übrigen Vorklärvarianten höhere Gehalte an Resveratrolen hatte bei gleichzeitig niedrigeren Werten an Phenolcarbonsäuren (vgl. Tab. 10). Bei den Weinen der Versuchsserie 2000 II bewegten sich die Resveratrolgehalte ohne erkennbare Unterschiede zwischen den Verfahren auf annähernd gleichem Niveau, ebenso die Gehalte an Phenolcarbonsäuren (vgl. Tab. 9).

4.2.3 Farbausprägung in den Rieslingweinen nach unterschiedlicher Mostvorklärung

Bei der Betrachtung der graphisch dargestellten Extinktionswerte (420 nm) in Abb. 37 fällt zunächst auf, dass die Flotationsvariante in 2000 II deutlich brauner war als die übrigen Varianten der Versuchsreihe. In 2000 I und 2001 I zeigte sich die Flotation dagegen, analog zur Reduzierung der Gesamtpolyphenolgehalte, als die Variante mit der geringsten Bräunung innerhalb der jeweiligen Versuchsreihe. Die Versuchsweine aus dem Jahr 2001 waren insgesamt brauner und lagen bei einer Spanne von 30 bis 60 % deutlich in ihren Extinktionswerten über denen der Weine der Versuchsreihen im Jahr 2000. In 2000 I wies die Sedimentation eine höhere Bräunung als die Kontrolle auf. Ansonsten zeigte sich in der Verteilung sowohl bei den Weinen in 2000 I als auch in 2001 I das gleiche Muster. Die stärkste Bräunung hatten die Kontrolle, die Sedimentation und die Drehfiltration, gefolgt von der Separation. Die geringste

Braunfärbung hatte die Flotationsvariante. In der Versuchsserie 2000 II verhielt es sich gerade gegensätzlich.

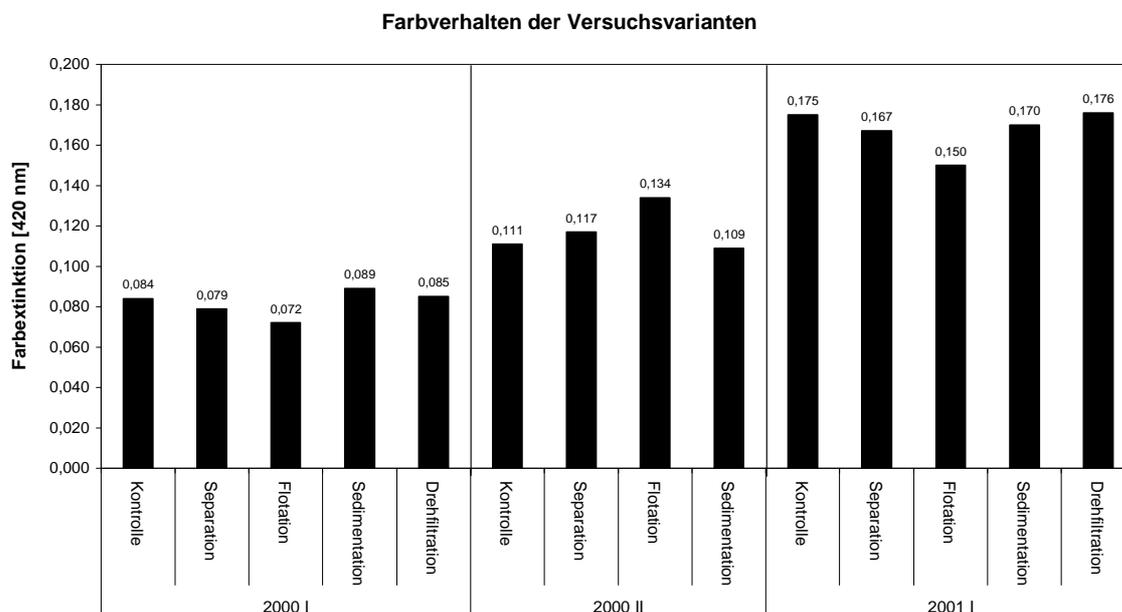


Abb. 37: Ergebnisse der Extinktionsmessung (420 nm) zur Farbbeurteilung der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärfungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001

4.2.4 Analyse der sensorischen Weinqualität im Vergleich der untersuchten Mostvorklärfungsverfahren

Tab. 11: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der Versuchsweine der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärfungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=13]¹

	2000 I		2000 II		2001 I	
	Rang-ziffer	sign. Unterschiede	Rang-ziffer	sign. Unterschiede	Rang-ziffer	sign. Unterschiede
Kontrollvariante	4,7	a	3,5	a	3,6	ac
Separation	2,5	bc	2,0	bc	2,4	b
Flotation	3,1	b	2,9	ab	4,2	a
Sedimentation	2,8	bc	1,6	c	2,1	b
Drehfiltration	1,9	c	-		2,7	bc

¹ Unterschiedliche Buchstaben der Versuchsweine kennzeichnen einen sign. Unterschied ($p \leq 0,05$) zw. den untersuchten Varianten

In Tab. 11 sind die Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen der drei Versuchsansätze dargestellt. Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) sind dabei mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Im Jahr 2000 wurde die Kontrolle in beiden Versuchsserien mit der höchsten Rangziffer am schlechtesten bewertet. Im Folgejahr 2001 schnitt sie ebenfalls negativ ab, wobei aber auch die Flotation eine vergleichbar schlechte Bewertung erhielt. Mit Ausnahme der Flotation in den Versuchsreihen 2000 II und 2001 I wurden in den Rangordnungsprüfungen alle Vorklärverfahren besser als die Kontrolle bewertet. Die Bevorzugung zwischen den einzelnen Vorklärverfahren war anhand der Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen nicht eindeutig zu erkennen. Abhängig von den Jahrgängen unterschieden sich die Varianten untereinander in unterschiedlicher Weise, so dass die beschreibende Sensorik dazu weitere Auskünfte geben sollte.

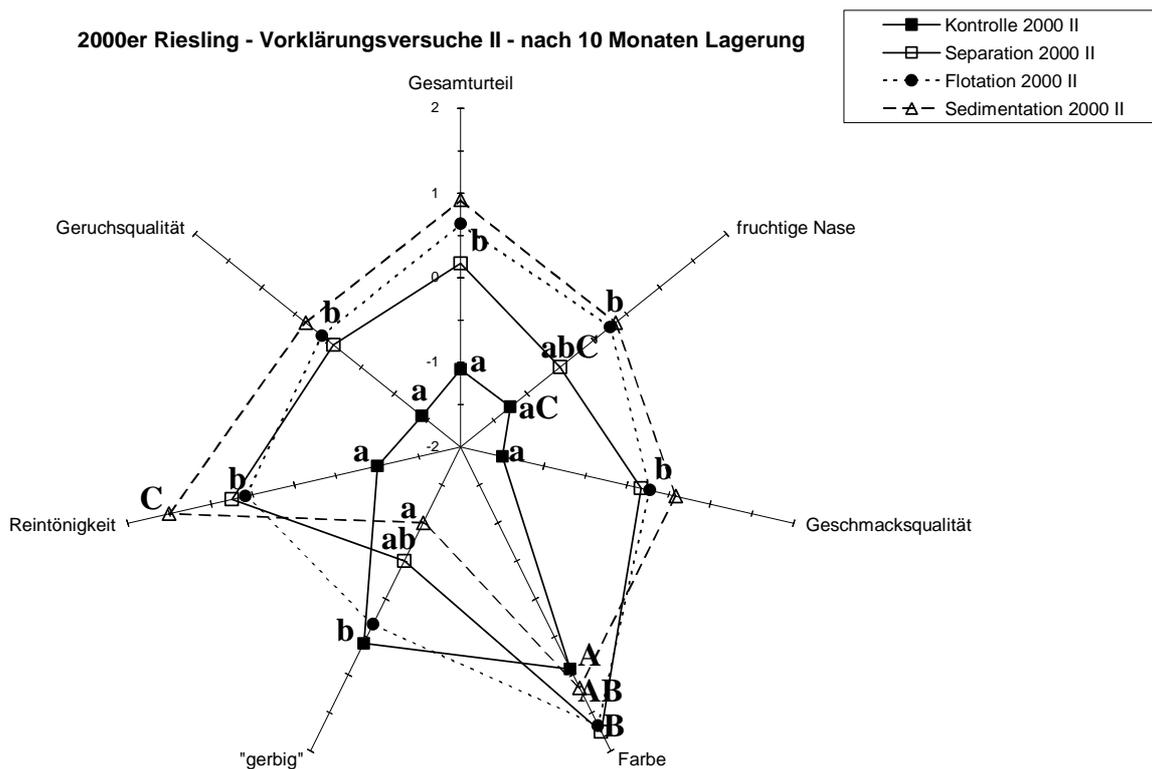


Abb. 38: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärungsverfahren im Jahrgang 2000 II [n=12]¹

¹ Aus Gründen der Übersicht wurden die Buchstaben zur Signifikanzkennzeichnung bei sehr eng zusammenliegenden Bewertungen innerhalb eines Attributes nur einmal angeben, gelten aber auch für alle unmittelbar daneben befindlichen Varianten.

Anhand der Sensorikdiagramme (vgl. Abb. 38 bis Abb. 40) sieht man, dass die Kontrollvariante, wie es nach den Ergebnissen der Rangordnungsprüfung zu erwarten war, in allen drei Versuchsserien am schlechtesten abschnitt. Im Versuchsansatz 2000 II (gesundes Traubenmaterial) war dies eindeutig der Fall, da man die Kontrollvariante gegenüber den anderen Verfahren in allen sensorischen Attributen als deutlich schlechter bewertet sieht. Die übrigen untersuchten Vorklärverfahren wurden in 2000 II gegenüber der Kontrollvariante deutlich besser bewertet (vgl. Abb. 38) und zeigten dabei auch untereinander in den dargestellten Attributen eine Differenzierung. Bei der Fruchtigkeit des Geruchs nahm die Separationsvariante eine Zwischenstellung ein, da sie mit $p \leq 0,15$ schlechter als die Sedimentation und die Flotation bewertet wurde, gleichzeitig aber statistisch nicht signifikant besser als die Kontrollvariante abschnitt. Bezüglich der gerbigen Noten wurde die Separation vergleichbar mit der Sedimentation beurteilt. Letztere zeigte bei der Reintönigkeit sogar mit $p \leq 0,15$ ein besseres Ergebnis als die Flotation und die Separation. Im Vergleich mit der Rangordnungsprüfung kann dies bestätigt werden (vgl. Tab. 11). Gegenüber den übrigen Varianten wurden die Kontrolle und auch die Flotation erwartungsgemäß deutlich gerbiger bewertet.

Bei den Versuchsansätzen 2000 I und 2001 I wurde wesentlich fauleres Lesegut verarbeitet als in 2000 II, was sich vor allem auf die Sensorik der Versuchssweine mit verfahrensbedingt längerem Trubkontakt auswirkte. So wurde in beiden Jahren (2000 I und 2001 I) die Separation und die Drehfiltration (Verfahren mit kurzem Trubkontakt) in den Attributen Geruchsqualität, Geschmacksqualität, Reintönigkeit, Gesamturteil und fruchtige Nase am besten bewertet. Die Variante der Sedimentation erhielt in 2000 I vor allem in der Reintönigkeit und in der Fruchtigkeit des Geruches eine negative sensorische Bewertung, vergleichbar schlecht mit der Kontrollvariante. Im Folgejahr 2001 konnte die Sedimentation dagegen, trotz des fäulnisbelasteten Lesegutes, eine gute sensorische Bewertung auf dem Niveau der Separation und der Drehfiltration erzielen, und konnte lediglich in der Geruchsqualität nicht signifikant von der Kontrolle differenziert werden (vgl. Abb. 40). In den Ergebnissen der Rangordnungsprüfung konnte diese detaillierte Abstufung nicht festgestellt werden, weshalb die Sedimentation im Versuchsansatz 2001 I die gleiche Rangplatzierung, ohne signifikante Unterschiede, wie die Separation und die Drehfiltration erhielt (vgl. Tab. 11).

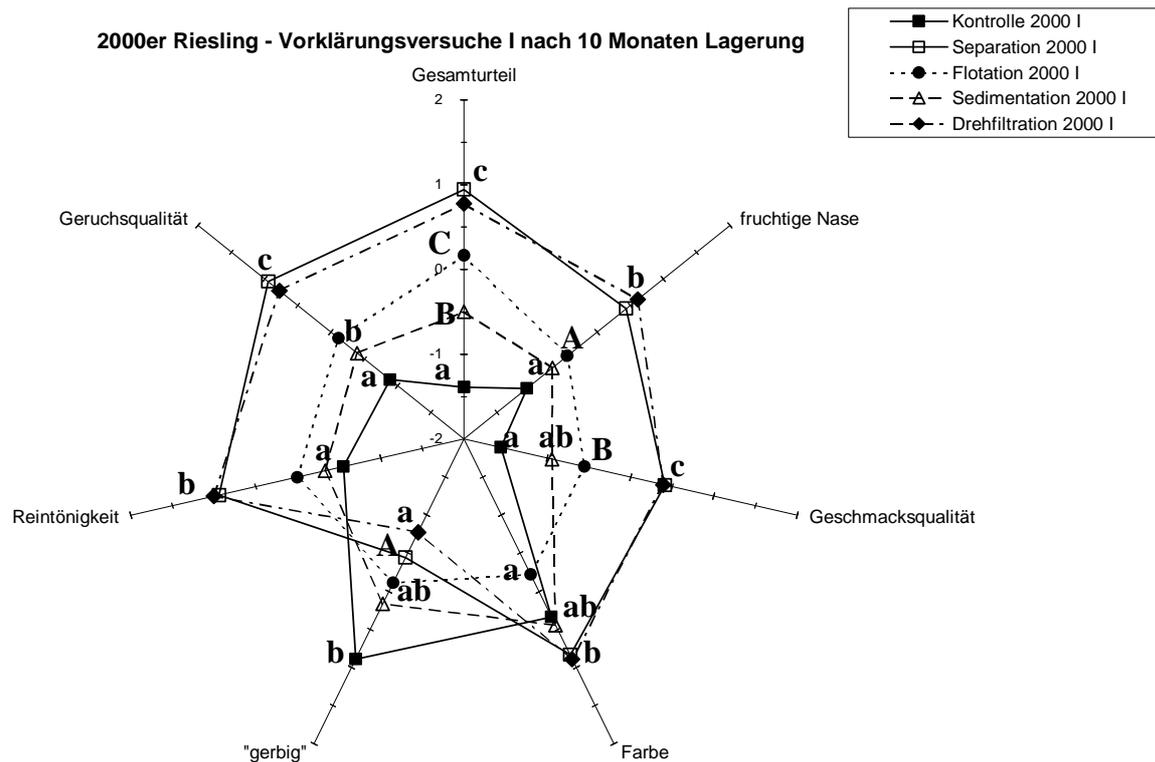


Abb. 39: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärungsverfahren im Jahrgang 2000 I [n=18]¹

Auffällig ist, dass die Flotation, als Verfahren mit einer ebenfalls schnellen Trubabtrennung, in 2001 I mit der Kontrollvariante vergleichbar schlecht abschneidet (vgl. Abb. 40). Dies war bereits deutlich in der Rangordnungsprüfung zu erkennen und drückte sich bei der deskriptiven Sensorik in einer negativen Bewertung aller sensorischer Attribute, vergleichbar mit der Kontrolle, aus.

Auch im Vorjahr (2000 I) schnitt die Flotation ebenfalls vergleichbar schlecht mit der Kontrolle ab (vgl. Abb. 39), vor allem bei der Reintönigkeit und bei der Fruchtigkeit der Nase. In den übrigen Attributen nahm sie eine Mittelstellung zwischen der schlecht bewerteten Kontrollvariante und den am besten beurteilten Versuchsvarianten der Separation und der Drehfiltration ein. In der Geruchsqualität, dem Gesamturteil sowie bei der Geschmacksqualität ($p \leq 0,15$) konnte die Flotation zusammen mit der Sedimentation in 2000 I ein besseres Ergebnis als die Kontrolle erzielen. Im Gesamturteil schnitt die Flotationsvariante sogar besser als die Sedimentation ab ($p \leq 0,15$), ohne sich dabei signifikant von den sensorisch am besten beurteilten

¹ Aus Gründen der Übersicht wurden die Buchstaben zur Signifikanzkennzeichnung bei sehr eng zusammenliegenden Bewertungen innerhalb eines Attributes nur einmal angegeben, gelten aber auch für alle unmittelbar daneben befindlichen Varianten.

Vorklärvarianten mittels Separation und Drehfilter zu unterscheiden. Diese qualitative Reihenfolge deckt sich mit dem Ergebnis der Rangordnungsprüfung (vgl. Tab. 11).

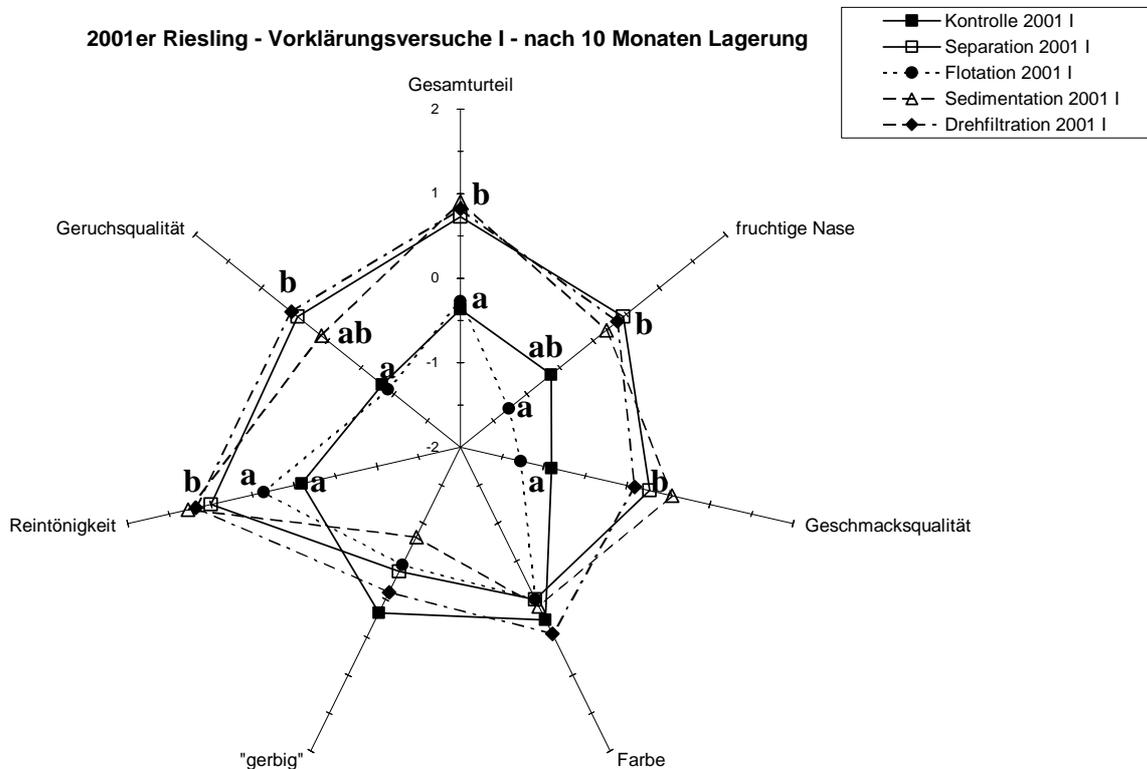


Abb. 40: Ergebnisse der Verkostung von Versuchsweinen der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärungsverfahren im Jahrgang 2001 I [n=11]¹

Bei der sensorischen Beurteilung der Farbe konnten nur bei den Weinen des Jahrgangs 2000 signifikante Unterschiede gefunden werden. Analog zu den Ergebnissen der Extinktionsmessungen in Kap. 4.2.3 zeigte die Flotation zusammen mit der Separation im Versuchsansatz 2000 II signifikant mehr Farbe als die Kontrollvariante. Bei der Sedimentation konnten die Verkoster keine signifikanten Unterschiede zu den übrigen Vorklärvarianten finden. Im früheren Versuchsansatz aus dem Jahr 2000 zeigte sich gerade das gegenteilige Bild. Vor allem die Flotationsvariante bekam in der sensorischen Bewertung, analog zu den Ergebnissen der Extinktionsmessungen (vgl. Abb. 37), eine signifikant geringere Farbbewertung. Die meiste Farbe wiesen die Varianten der Separation und der Drehfiltration auf. Dazwischen lagen die Kontrolle und die Sedimentation (vgl. Abb. 39).

¹ Aus Gründen der Übersicht wurden die Buchstaben zur Signifikanzkennzeichnung bei sehr eng zusammenliegenden Bewertungen innerhalb eines Attributes nur einmal angeben, gelten aber auch für alle unmittelbar daneben befindlichen Varianten.

4.2.5 Korrelationen zwischen der sensorischen Weinqualität und den polyphenolischen Inhaltsstoffen bei Rieslingweinen aus unterschiedlicher Mostvorklärung

In Tab. 12 sind die Ergebnisse der Korrelationsrechnung zwischen den analysierten Most- bzw. Weinparameter und den Ergebnissen der sensorischen Analyse dargestellt. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Mostanalytik und der Weinqualität zeigte sich anhand der signifikanten Korrelationen zwischen dem Resttrubgehalt und verschiedenen sensorischen Attributen. So korrelierte die Reintönigkeit ($r=-0,698^{**}$), das Gesamturteil ($r=-0,754^{**}$), die Qualität des Geschmacks ($r=-0,672^{**}$) und des Geruchs ($r=-0,671^{**}$) sowie die Fruchtigkeit des Geruchs ($r=-0,566^{*}$) signifikant negativ mit dem Resttrubgehalt. Je höher folglich der Resttrubgehalt war, desto negativer wurden die Weine der unterschiedlichen Vorklärverfahren sensorisch bewertet. Bei den gerbigen Noten verhielt es sich umgekehrt und so zeigte sich mit $r=0,748^{**}$ eine signifikant positive Korrelation, d.h. mit steigenden Resttrubgehalten erhöhte sich der gerbige Eindruck der Weißweine.

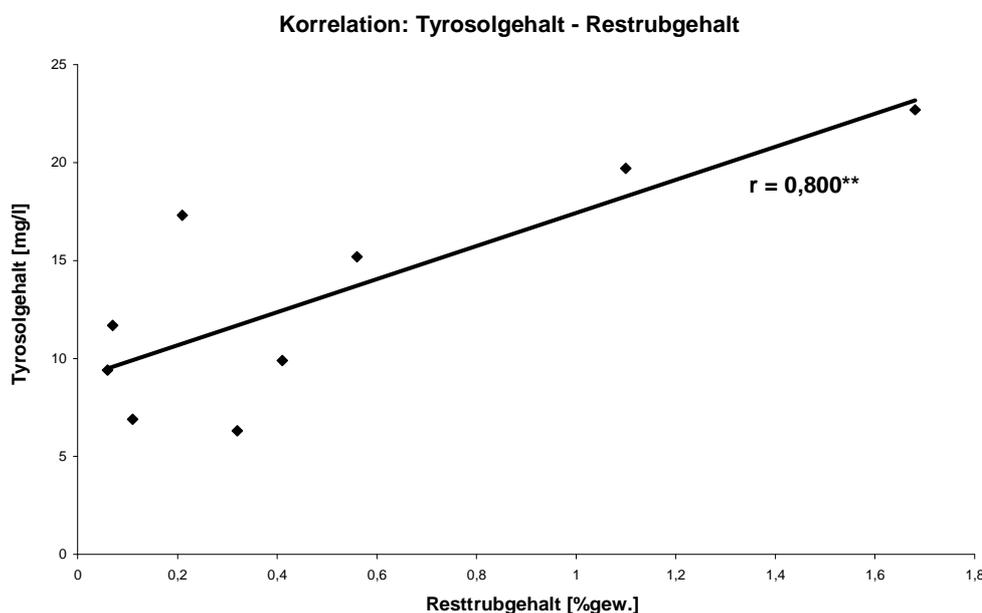


Abb. 41: Korrelationsdiagramm [nach *Pearson*] zwischen dem Tyrosolgehalt und dem Resttrubgehalt bei Versuchswinen aus den Vorklärversuchen der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=9]

Mit $r=0,800^{**}$ korrelierte der Tyrosolgehalt im Wein positiv mit dem Resttrubgehalt. Je mehr Resttrubgehalt die Moste aufwiesen desto höher war folglich ihr Tyrosolgehalt (vgl. Abb. 41). Dies stand auch in Zusammenhang mit der sensorischen Qualität.

Analog zu den negativen Einflüssen höherer Resttrubgehalte zeigten auch höhere Tyrosolgehalte eine signifikant negative Korrelation (vgl. Tab. 12) mit dem Gesamturteil ($r=-0,730^*$), mit der Reintönigkeit ($r=-0,753^*$) und mit der Geschmacks- ($r=-0,830^*$) und Geruchsqualität ($r=-0,710^*$). Die Reintönigkeit, die Geruchs- und Geschmacksqualität und die Fruchtigkeit der Nase zeigten mit signifikanten Korrelationskoeffizienten zwischen $0,898^{**}$ und $0,952^{**}$ eine sehr gute positive Korrelation mit dem Gesamturteil der Weine. Aufgrund ihrer negativen Geschmacksbeeinflussung errechnete sich für die Gerbigkeit dagegen ein signifikant negativer Zusammenhang zum Gesamturteil ($r=-0,780^{**}$) und auch zu den übrigen in Tab. 12 dargestellten sensorischen Attributen.

Tab. 12: Korrelationen [nach Pearson] zwischen Most- bzw. Weinhaltstoffen und der Sensorik der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklärfverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001

Korrelationen												
		Resttrub	"gerbig"	fruch- tige Nase	Geruchs- qualität	Geschmacks- qualität	Reintönig- keit	Gesamt- urteil	Farbe	Folin- gehalt Most	Folin- gehalt Wein	Tyrosol- gehalt ¹ Wein
Resttrub	r=	1	,748 **	-,566 *	-,671 **	-,672 **	-,698 **	-,754 **	-,155	,060	,188	,800 **
	p=	.	,002	,035	,009	,009	,005	,002	,598	,838	,521	,010
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
"gerbig"	r=	,748 **	1	-,583 *	-,636 *	-,739 **	-,837 **	-,780 **	-,047	,132	,172	,607
	p=	,002	.	,029	,014	,003	,000	,001	,874	,654	,556	,083
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
fruch- tige Nase	r=	-,566 *	-,583 *	1	,944 **	,928 **	,834 **	,912 **	,204	-,084	,039	-,592
	p=	,035	,029	.	,000	,000	,000	,000	,485	,776	,895	,093
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Geruchsqualität	r=	-,671 **	-,636 *	,944 **	1	,895 **	,835 **	,898 **	,178	-,021	-,068	-,710 *
	p=	,009	,014	,000	.	,000	,000	,000	,542	,942	,818	,032
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Geschmacksqualität	r=	-,672 **	-,739 **	,928 **	,895 **	1	,912 **	,952 **	,349	-,092	,084	-,830 **
	p=	,009	,003	,000	,000	.	,000	,000	,221	,754	,776	,006
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Reintönigkeit	r=	-,698 **	-,837 **	,834 **	,835 **	,912 **	1	,931 **	,169	-,239	-,074	-,753 *
	p=	,005	,000	,000	,000	,000	.	,000	,563	,411	,801	,019
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Gesamturteil	r=	-,754 **	-,780 **	,912 **	,898 **	,952 **	,931 **	1	,166	-,258	-,156	-,730 *
	p=	,002	,001	,000	,000	,000	,000	.	,572	,374	,594	,025
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Farbe	r=	-,155	-,047	,204	,178	,349	,169	,166	1	,251	,573 *	-,545
	p=	,598	,874	,485	,542	,221	,563	,572	.	,387	,032	,129
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Folin- gehalt Most	r=	,060	,132	-,084	-,021	-,092	-,239	-,258	,251	1	,566 *	-,405
	p=	,838	,654	,776	,942	,754	,411	,374	,387	.	,035	,279
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Folin- gehalt Wein	r=	,188	,172	,039	-,068	,084	-,074	-,156	,573 *	,566 *	1	-,470
	p=	,521	,556	,895	,818	,776	,801	,594	,032	,035	.	,202
	N=	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	9
Tyrosolgehalt Wein	r=	,800 **	,607	-,592	-,710 *	-,830 **	-,753 *	-,730 *	-,545	-,405	-,470	1
	p=	,010	,083	,093	,032	,006	,019	,025	,129	,279	,202	.
	N=	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

¹ HPLC-Analytik und Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Für den Folingehalt, sowohl im Most als auch im Wein, und ebenfalls für die Summe¹ der mittels HPLC bestimmten Polyphenole konnte kein Zusammenhang zum Resttrubgehalt festgestellt werden. Wie in Tab. 13 zu erkennen ist, korrelierte die sensorische Bewertung der Farbe mit $r=0,573^*$ positiv mit dem Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu*. Mit den bei 420 nm gemessenen Farbextinktionen konnte dagegen kein Zusammenhang zur Sensorik gefunden werden. Die Messungen der Brauntöne (420 nm) zeigten auch keinen statistischen Zusammenhang mit dem Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* im Wein.

Tab. 13: Korrelationen [nach *Pearson*] zwischen der Farbe, den Extinktionen bei 420 nm und dem Gesamtpolyphenolgehalt [nach *Folin-Ciocalteu*] der Versuchsvarianten der Rebsorte Riesling aus verschiedenen Mostvorklarungsverfahren in den Jahrgängen 2000 und 2001

Korrelationen				
		Farbe	Folingehalt Wein	420 nm
Farbe	r=	1	,573*	-,200
	p=	.	,032	,494
	N=	14	14	14
Folingehalt Wein	r=	,573*	1	-,175
	p=	,032	.	,549
	N=	14	14	14
420 nm	r=	-,200	-,175	1
	p=	,494	,549	.
	N=	14	14	14

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

4.3 Einfluss der Maischegärung und der Maischeerhitzung sowie deren Kombination auf die Qualität von Weinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc aus dem Rheingau

4.3.1 Analyse der polyphenolischen Most- und Weinhaltstoffe nach unterschiedlicher Rotweininifikationstechnik

In Tab. 14 sind die allgemeinen Parameter der Most- und Weinanalyse aller Versuchsweine zusammenfassend dargestellt. Die Versuchsweine konnten als vergleichbar eingestuft werden, da alle Analysenwerte innerhalb der Versuchsansätze der beiden Jahrgänge im Rahmen der angewandten Analysemethoden keine Ausreißer erkennen ließen. Eine Ausnahme bildete die Variante der Maischeerhitzung beim Spätburgunder im Jahr 2000. Dort lag eine Gärstörung vor, die anhand der erhöhten Gehalte an flüchtiger Säure und Restzucker zu erkennen war. Die Äpfelsäurewerte zeigten, dass bei allen Varianten der biologische Säureabbau komplett durchlaufen wurde.

Zur Beurteilung der Fäulnisbelastung der verarbeiteten Trauben wurde die Befallsstärke (=Prozentanteil des Fäulnisbefalls pro Traube) herangezogen. Wie Tab. 14 zeigt, wurden im Jahr 2000 für beide Varianten der Maischegärung Trauben mit einer Befallsstärke von < 1 % verwendet. Für die erhitzten Varianten der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc wies das Lesegut im Jahr 2000 eine Befallsstärke von 10 % auf. Im Folgejahr 2001 wurden ausschließlich 100 % gesunde Trauben, d.h. mit einer Befallsstärke < 1 % für alle drei Verfahrensvarianten der beiden untersuchten Rebsorten verwendet.

Bezüglich der Traubenreife ist zu sagen, dass das Lesegut der Rebsorte Cabernet Franc in beiden untersuchten Jahrgängen einen relativ niedrigen Reifegrad besaß. Die Trauben für die Versuchsreihe beim Spätburgunder zeigten im Jahr 2000 deutliche Reifeunterschiede zwischen den erhitzten und nicht erhitzten Varianten (vgl. Tab. 14).

Tab. 14: Most- und Weinanalysen der Versuchsrotweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

	Spätburgunder						Cabernet Franc					
	2000er			2001er			2000er			2001er		
	MG	ME	ME+ MG									
Fäulnisdaten												
Lesezeitpunkt	18.10.2000			17.10.2001			18.10.2000			31.10.2001		
Fäulnis - Befallsstärke [%]	< 1	10		< 1			< 1	10		< 1		
Mostdaten												
Mostgewicht [°Oe]	90	74		89			70	66		75		
pH-Wert	3,8	3,9		3,3			3,4	3,4		3,3		
Gesamtsäure [g/l]	5,5	5,7		11,2			9,0	8,9		9,1		
Weindaten												
vorhandener Alkohol [%v/v]	13,8	13,1	13,8	12,8	13,6	12,8	13,1	12,0	12,7	12,2	14,0	12,7
zuckerfreier Extrakt [g/l]	22,2	24,1	22,9	24,4	20,6	25,7	20,3	21,8	22,9	21,8	22,5	25,9
Restzucker [g/l]	2,0	10,9	3,1	2,5	2,2	2,8	3,2	2,6	3,0	1,9	2,2	3,6
Freie SO ₂ [mg/l]	23	36	33	33	48	44	36	33	36	27	35	33
Gesamte SO ₂ [mg/l]	57	60	57	66	61	61	52	57	57	57	65	64
pH-Wert	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,4	3,4	3,4	3,6	3,5	3,6
Gesamtsäure [g/l]	5,2	5,2	5,0	5,4	5,6	5,1	5,8	6,1	6,5	5,8	5,8	6,2
Flüchtige Säure [mg/l]	0,40	0,84	0,36	0,44	0,46	0,25	0,23	0,35	0,40	0,36	0,36	0,30
Äpfelsäure [g/l]	0,25	0,06	0,07	0,03	0,04	0,03	0,08	0,07	0,10	0,05	0,03	0,06
Polyphenolgehalt Folin [mg/l]	1097	1309	1728	1706	1300	2411	1819	1576	2163	1108	1722	3048
TEAC [mmol/l]	10	12	15	15	12	17	16	15	19	10	14	17
Summe HPLC ¹ [mg/l]	521,5	790,4	893,0	458,0	548,1	720,1	459,9	568,1	565,2	225,6	340,3	417,5
Anthocyane ¹ [mg/l]	322,1	515,8	532,8	253,5	297,8	325,5	282,9	300,2	323,7	76,6	148,5	163,5
Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	154,2	215,8	265,0	148,4	203,1	292,5	98,5	124,1	130,3	49,5	51,6	113,9
Resveratrole ¹ [mg/l]	6,6	17,4	27,9	14,7	19,1	20,0	5,3	8,0	9,6	3,3	11,2	13,7
Phenolcarbonsäuren ¹ [mg/l]	32,1	25,0	37,2	39,3	23,1	79,1	32,3	80,1	51,6	61,6	77,2	73,8
Tyrosol [mg/l]	6,5	16,4	30,1	2,1	5,0	3,0	40,9	55,7	50,0	34,6	51,8	52,6
Farbnuance [420/520 nm]	0,97	1,02	0,95	1,04	0,98	0,88	0,69	0,64	0,60	1,02	0,72	0,71

Betrachtet man die Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* in Tab. 14, so zeigte sich beim Spätburgunder die Kombinationsvariante mit den höchsten Gehalten. Die beiden übrigen Varianten zeigten kein einheitliches Bild. In 2000 hatte die Maischeerhitzung höhere Werte als die Maischegärung, im Jahr 2001 umgekehrt. In Abb. 42 sind diese Werte graphisch dargestellt, wobei auch die Gehalte an Flavonoiden¹ und Nichtflavonoiden aufgetragen wurden. Dabei ist zu beobachten, dass der Anteil an Nichtflavonoiden bei der Maischeerhitzung am höchsten war. Die Versuchsweine aus der Maischegärung wiesen diesbezüglich die niedrigsten Werte auf

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5

und die Kombinationsvariante lag mit etwas höheren Werten an zweiter Stelle. Die hohen Gesamtpolyphenolgehalte bei den Kombinationsvarianten waren beim Spätburgunder (vgl. Tab. 14) in beiden Jahrgängen demnach vor allem auf einen höheren Anteil an Flavonoiden zurückzuführen (vgl. Abb. 42). Bei den Varianten Maischegärung und Maischeerhitzung lagen die Flavonoidgehalte im Jahr 2000 sehr dicht beieinander, so dass die Unterschiede im Gesamtpolyphenolgehalt vor allem in den unterschiedlichen Nichtflavonoidmengen begründet waren. Im darauf folgenden Jahr wies die Maischegärung deutlich höhere Flavonoidmengen als im Vorjahr auf, sogar mehr als die Maischeerhitzung. Diese wiederum hatte in beiden Versuchsjahren fast identische Werte.

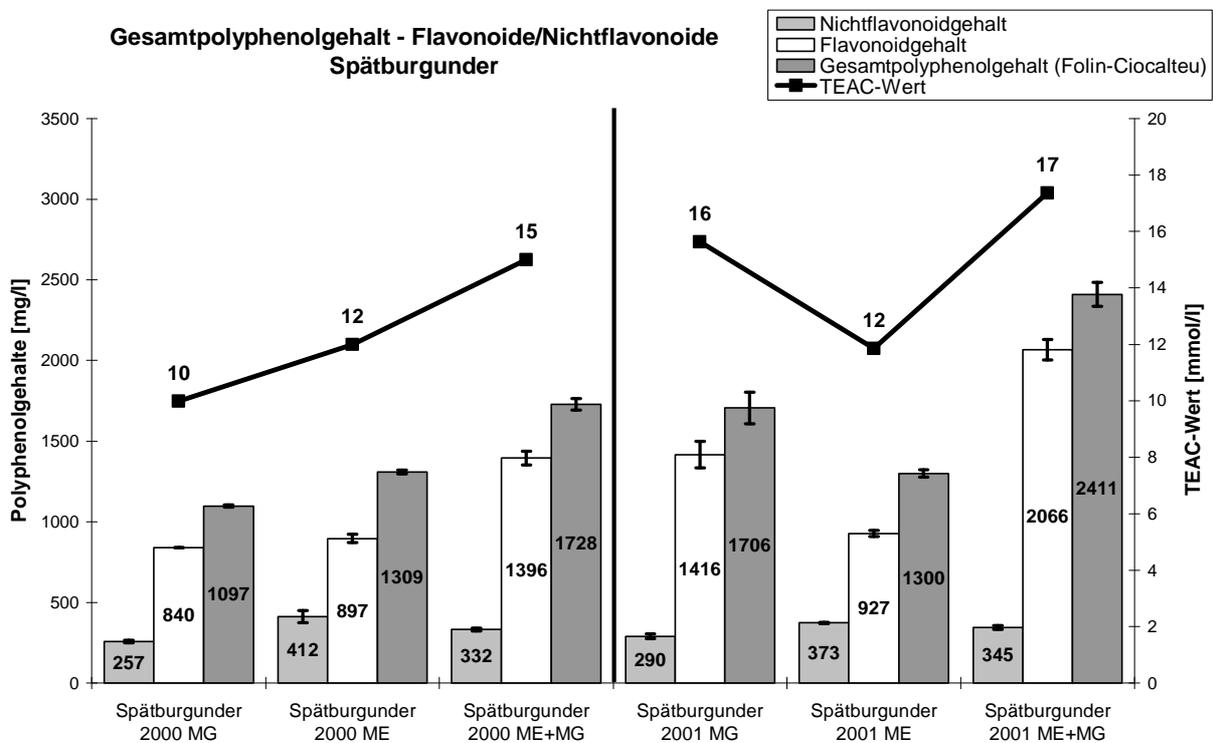


Abb. 42: Gesamtpolyphenol-, Flavonoid- und Nichtflavonoidgehalte der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder in den Jahrgängen 2000 und 2001

Beim Cabernet Franc zeigte sich ein ähnliches Bild. Hier hatten die Kombinationsvarianten in beiden Jahrgängen ebenfalls die höchsten Gesamtpolyphenolgehalte, deren Hauptanteil die Gruppe der Flavonoide ausmachte (vgl. Abb. 43). Bezüglich der Gesamtpolyphenolgehalte der beiden übrigen Varianten Maischegärung und Maischeerhitzung ließ sich das umgekehrte Bild zu den Analyseergebnissen der Spätburgunder-Versuchsweine finden. Im Jahr 2000

enthielten die Weine der Maischegärung mehr Polyphenole als die der Maischeerhitzung. Im Jahr 2001 war es der umgekehrte Fall. Die Maischeerhitzung zeigte analog zu den Resultaten der Weine der Rebsorte Spätburgunder auch in beiden Jahrgängen die höchsten Nichtflavonoidgehalte. Die niedrigsten Gehalte dieser Polyphenolgruppe waren sowohl bei der Maischegärung als auch bei der Kombinationsvariante zu finden, die sich beide in den jeweiligen Versuchsjahren kaum voneinander unterschieden.

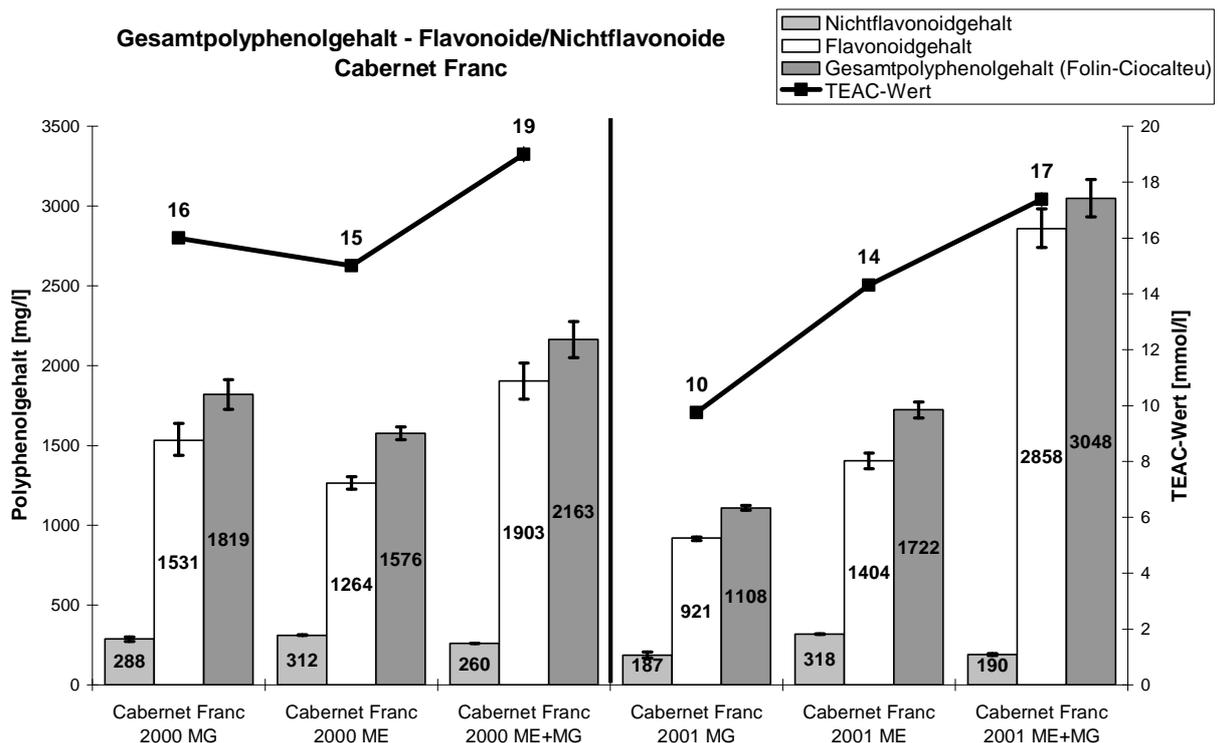


Abb. 43: Gesamtpolyphenol-, Flavonoid- und Nichtflavonoidgehalte der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

Die Analysen der TEAC-Werte (vgl. Tab. 14) zeigten in ihren Ergebnissen eine parallele Entwicklung zu den in Abb. 42 und Abb. 43 dargestellten Gesamtpolyphenolgehalten. Die Kombinationsvariante zeigte somit in allen vier Versuchsansätzen immer die höchste Antioxidative Kapazität im Vergleich zu den übrigen Varianten. Zwischen den anderen untersuchten Varianten ließen sich analog zu den Gesamtpolyphenolgehalten bei beiden Rebsorten keine einheitliche verfahrensabhängige Tendenz erkennen.

Die Analyse der prozentualen Aufteilung des Gesamtpolyphenolgehaltes nach *Folin-Ciocalteu* in eine gerbende und eine nicht gerbende Fraktion ließ erkennen, dass der Anteil der gerbenden Polyphenole am Gesamtpolyphenolgehalt bei der

Maischeerhitzung in beiden Jahrgängen und bei beiden Rebsorten immer eindeutig niedriger war als bei den beiden übrigen Versuchsweinen (vgl. Abb. 44 und Abb. 45).

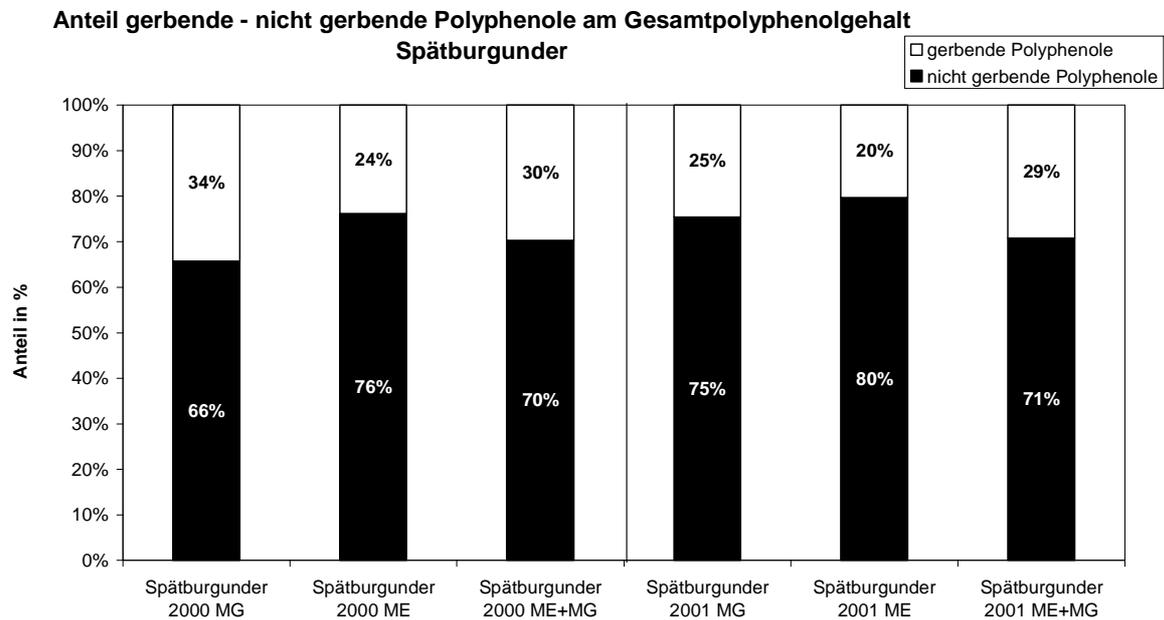


Abb. 44: Anteil gerbende und nichtgerbende Polyphenole am Gesamtpolyphenolgehalt der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder in den Jahrgängen 2000 und 2001

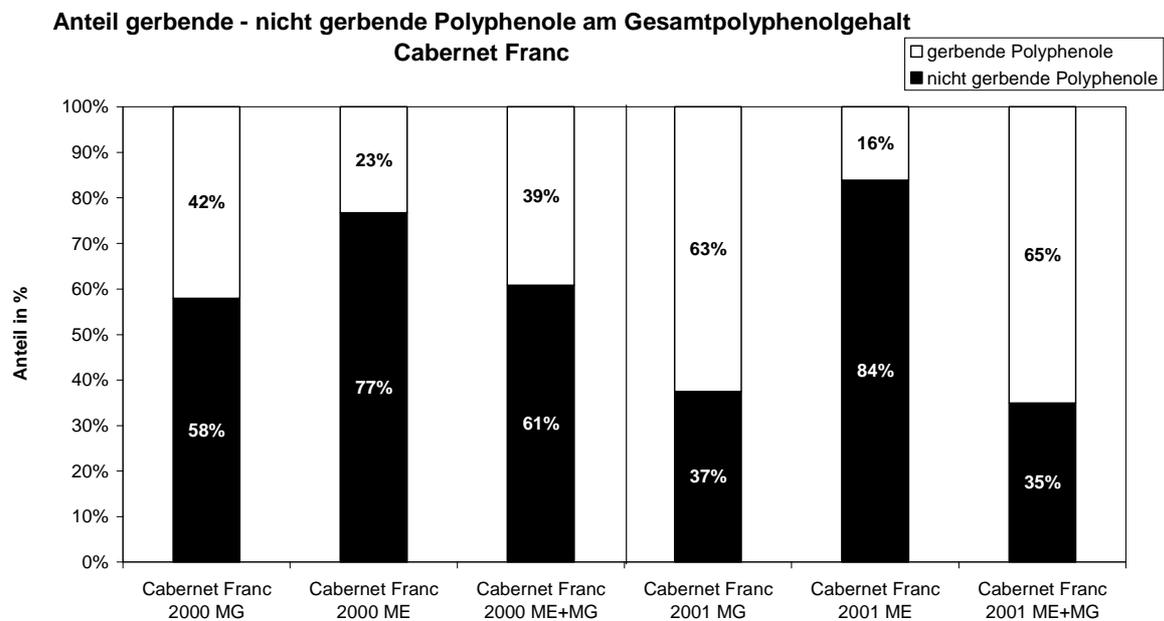


Abb. 45: Anteil gerbende und nichtgerbende Polyphenole am Gesamtpolyphenolgehalt der Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

Bei der Rebsorte Cabernet Franc war der Unterschied, mit einer Differenz von nahezu 50 % zwischen den Varianten, stärker ausgeprägt als beim Spätburgunder. Dort wies die Variante der Maischeerhitzung nur maximal 10 % weniger gerbende Polyphenole auf als die beiden übrigen Varianten. Die Maischegärung und die Kombinationsvariante zeigten wiederum untereinander innerhalb einer Versuchsserie, d.h. pro Rebsorte und Versuchsjahr, auf dem gleichen Niveau liegende prozentuale Aufteilungen (vgl. Abb. 44 und Abb. 45). Tendenziell hatte die Kombinationsvariante im Jahr 2001 einen höheren Anteil an gerbenden Polyphenolen als die Maischegärung. Im Jahr 2000 war es umgekehrt der Fall. Besonders im Jahr 2001 hatten die Maischegärung und auch die Kombinationsvariante der Rebsorte Cabernet Franc sehr hohe prozentuale Anteile an gerbenden Polyphenolen im Vergleich zur Maischeerhitzung; mehr als doppelt so viel gegenüber dem Vorjahr und auch verglichen mit den entsprechenden Versuchswainen der Rebsorte Spätburgunder.

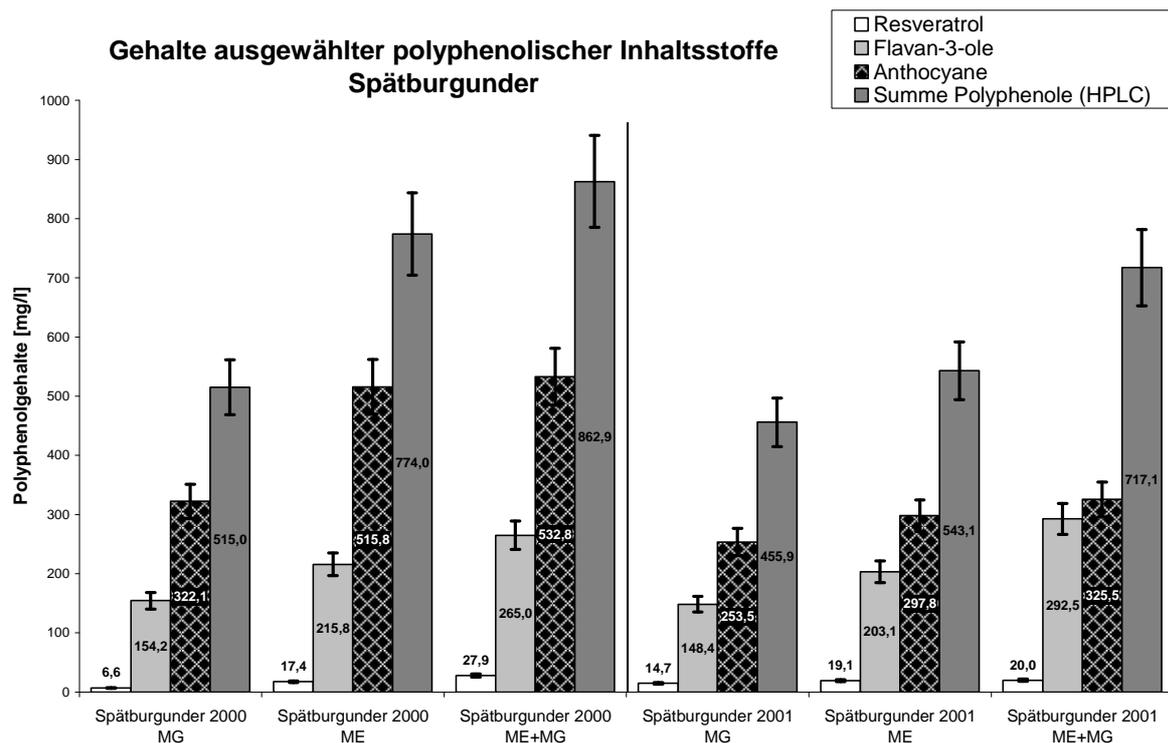


Abb. 46: Gehalte ausgewählter Polyphenole¹ in den Versuchswainen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder in den Jahrgängen 2000 und 2001

Die Ergebnisse der Polyphenolanalytik mittels HPLC (vgl. Abb. 46 und Abb. 47) zeigten auf den ersten Blick, dass bei beiden Rebsorten die Gehalte im Versuchsjahr

¹ HPLC-Analytik und Aufstufung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

2000 höher als im Jahr 2001 lagen. In erster Linie zeigte sich dies in der Summe¹ aller mittels HPLC bestimmten Polyphenole und betraf vor allem die Gruppe der monomeren Anthocyane, die daran den Hauptanteil ausmachte. Im Jahr 2001 waren in den Versuchswinen beider Rebsorten, beim Cabernet Franc bis zu 73 % und beim Spätburgunder bis zu 43 %, geringere Gehalte an monomeren Anthocyanen als im Vorjahr festzustellen. Auch die Gehalte an Flavan-3-olen zeigten im Jahr 2001 bei den Weinen der Rebsorte Cabernet Franc geringere Werte als im Vorjahr, bei den Spätburgunder-Varianten lagen die Gehalte in beiden Jahren auf gleichem Niveau. Die Gehalte an Flavan-3-olen lagen beim Spätburgunder insgesamt deutlich höher als beim Cabernet Franc. Die Resveratrolgehalte wiesen bei beiden Rebsorten und in beiden Jahrgängen bei der Maischegärung stets die geringsten und bei der Kombinationsvariante die höchsten Werte auf. Die genauen Messwerte sind in Tab. 14 aufgeführt.

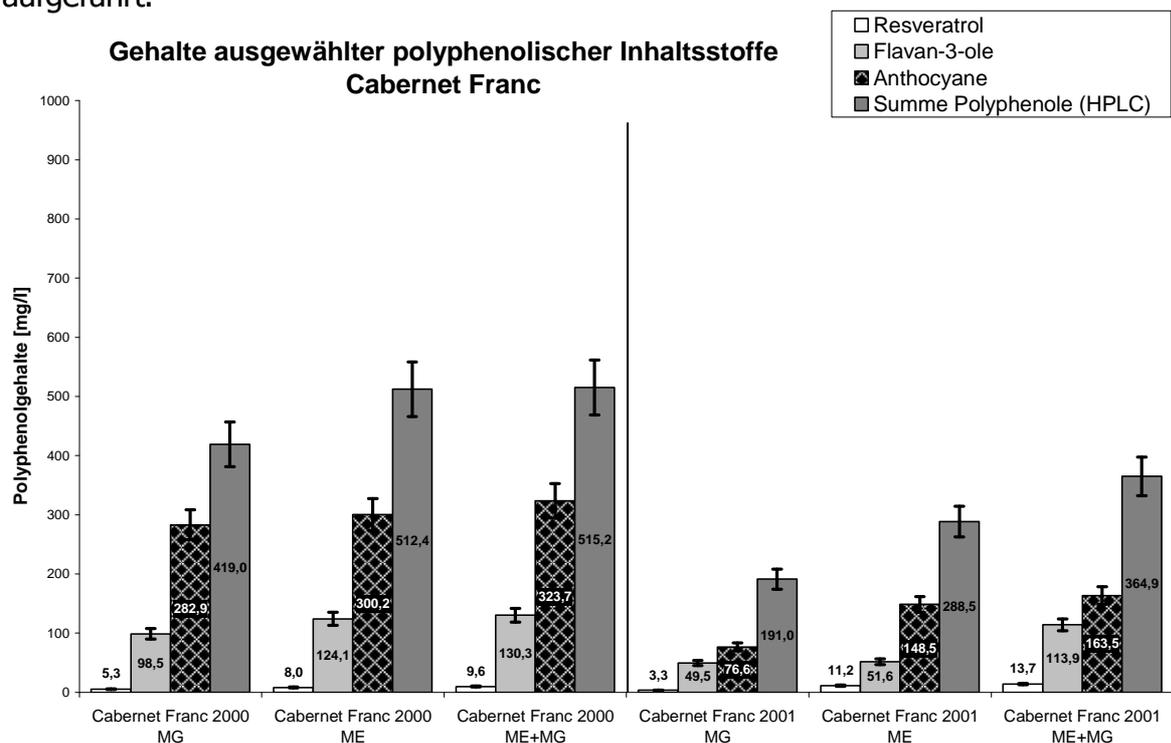


Abb. 47: Gehalte ausgewählter Polyphenole¹ in den Versuchswinen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

Insgesamt ist bei diesen vier gemessenen Parametern (vgl. Abb. 46 und Abb. 47) zu erkennen, dass von der Maischegärung über die Maischeerhitzung hin zur Kombinationsvariante alle monomeren Polyphenole innerhalb der Versuchsansätze

¹ HPLC-Analytik und Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

anstiegen. Letztere zeigte sowohl in der Summe als auch bei den einzelnen Polyphenolgruppen in jeder Versuchsserie immer die höchsten Gehalte. Besonders deutlich ausgeprägt war das bei den Anthocyanen und den Flavan-3-olen zu erkennen.

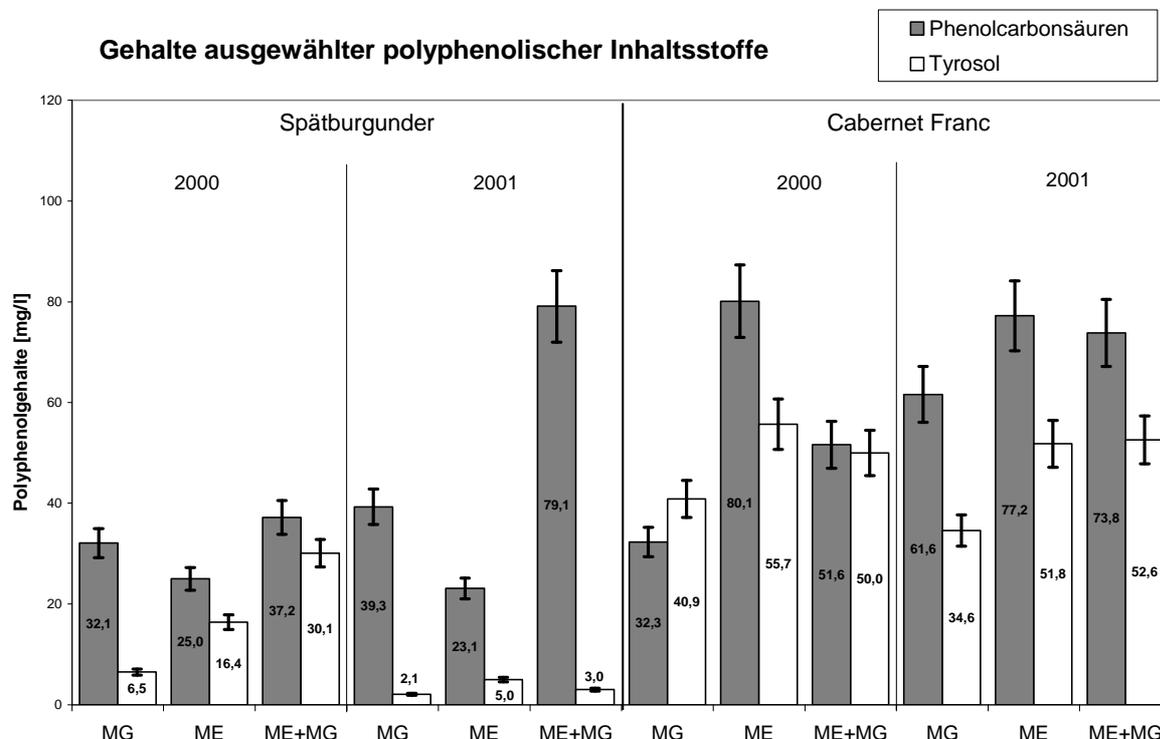


Abb. 48: Gehalt an Phenolcarbonsäuren¹ und Tyrosol¹ in den Versuchswinen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

Die Weine der Rebsorte Cabernet Franc zeigten höhere Phenolcarbonsäure- und auch höhere Tyrosolgehalte als diejenigen der Rebsorte Spätburgunder. Bei den Phenolcarbonsäure- und Tyrosolgehalten war im Gegensatz zu den anderen untersuchten Polyphenolgruppen allerdings kein einheitliches, den verschiedenen Verfahren zuzuordnendes Bild, erkennbar. So war beim Cabernet Franc in der HPLC-Analytik zu erkennen, dass bei der Maischeerhitzung in beiden Jahrgängen mehr Phenolcarbonsäuren in den Wein gelangten, was sich auch mit den höheren Gehalten an Nichtflavonoiden in Abb. 43 in Verbindung bringen ließ. Beim Spätburgunder war bei den monomeren Phenolcarbonsäuren dagegen die gegensätzliche Tendenz zu beobachten und die Maischeerhitzung zeigte die geringsten Gehalte an monomeren Phenolcarbonsäuren (vgl. Abb. 48). Die Spätburgunderweine wiesen im Jahr 2000 mit

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5

6,5-30 mg/l und im darauffolgenden Jahr mit sogar nur 2-5 mg/l deutlich geringere Tyrosolgehalte als die Cabernet Franc-Versuchsweine auf.

4.3.2 Veränderungen der Polyphenolgehalte im Laufe der einzelnen Verarbeitungsschritte der untersuchten Vinifikationsverfahren bei der Rebsorte Spätburgunder

4.3.2.1 Ergebnisse der Prozessstufenkontrolle im Versuchsjahr 2000

Die Abb. 49 und Abb. 50 zeigen am Beispiel der Rebsorte Spätburgunder im Jahr 2000 wie sich die Polyphenolgehalte und die Antioxidative Kapazität im Verlauf der unterschiedlichen Vinifikationsverfahren entwickelten.

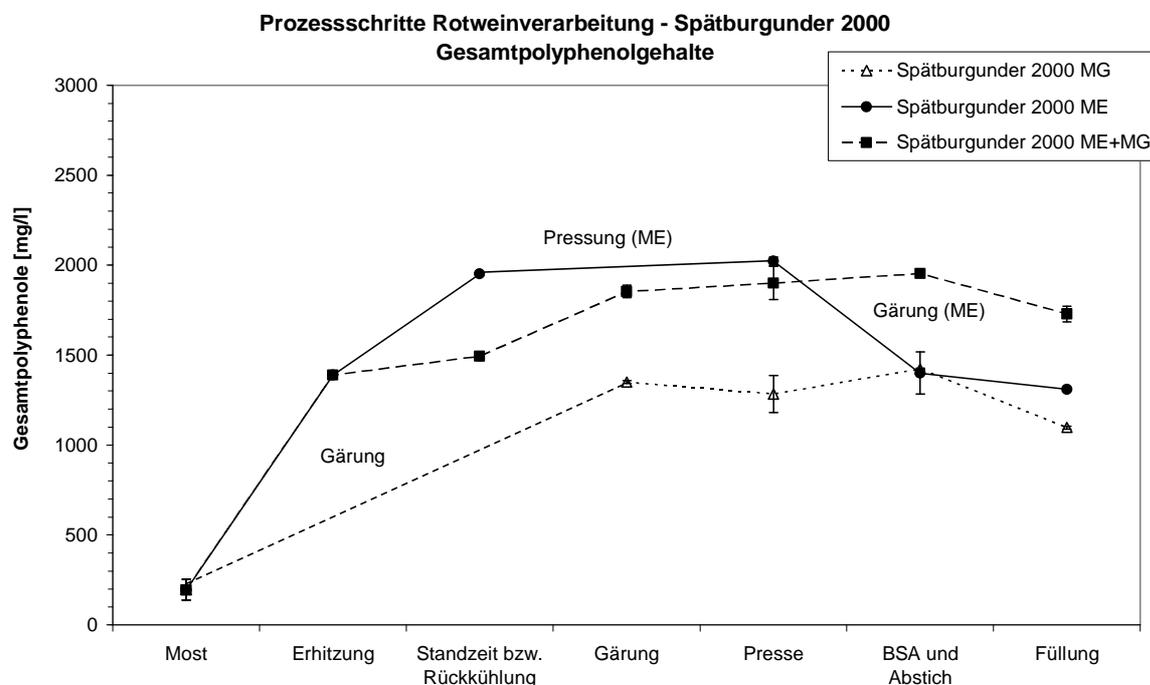


Abb. 49: Entwicklung der Gesamtpolyphenolgehalte [nach *Folin-Ciocalteu*] im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000

Man sieht zunächst, dass die Veränderung der Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* nahezu identisch mit der Entwicklung der Antioxidativen Kapazität verlief. Die Maischegärung bewegte sich während des gesamten Vinifikationsprozesses sowohl bei den Gesamtpolyphenolgehalten als auch bei den TEAC-Werten auf einem niedrigeren Niveau als die beiden anderen Varianten. Die Erhitzung der Trauben bewirkte dagegen eine deutlich stärkere Extraktion der Polyphenole und damit verbunden auch eine

höhere Antioxidative Kapazität. Das nach der Erhitzung und Standzeit erreichte Niveau konnte von der Kombinationsvariante bis zur Füllung des Versuchsweins gehalten werden. Die Maischeerhitzung verlor dagegen während der Gärung des abgepressten Mostes deutlich an Polyphenolen und konnte daher im abgefüllten Wein nur noch einen geringeren Gesamtpolyphenolgehalt aufweisen (vgl. Abb. 49). Analog dazu verliefen die Werte der Antioxidativen Kapazität in den einzelnen Verfahrensschritten (vgl. Abb. 50). Die Polyphenolreduzierung im Versuchswein der Maischeerhitzung nach der Gärung spiegelte sich auch deutlich in einer Abnahme der Antioxidativen Kapazität wider. Bei der Kombinationsvariante war entgegen der Entwicklung der Gesamtpolyphenolgehalte nach dem Abpressen des Weines zunächst eine weitere Steigerung der Antioxidativen Kapazität zu erkennen. Nach der Füllung war diese allerdings wieder auf das Niveau der Probe nach Beendigung der alkoholischen Gärung zurückgefallen. Die Maischegärung zeigte während der Gärung einen Anstieg der Antioxidativen Kapazität analog zum Anstieg der Folinwerte. Der so erreichte TEAC-Wert konnte nach leichten prozessbedingten Schwankungen annähernd bis in den abgefüllten Wein erhalten werden.

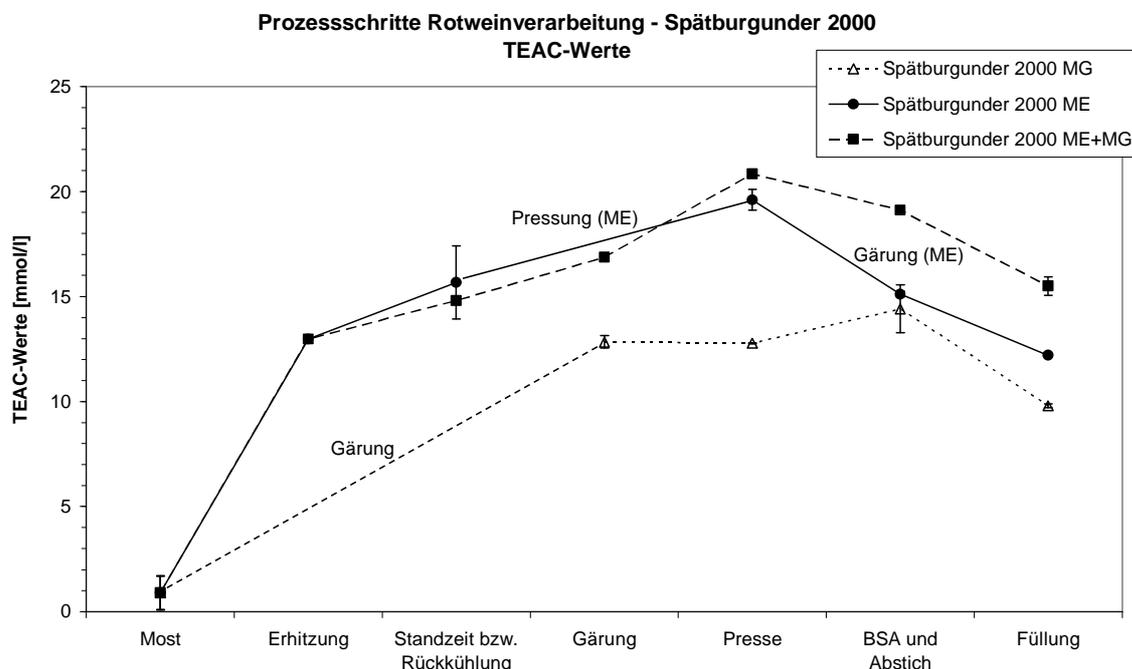


Abb. 50: Entwicklung der TEAC-Werte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000

Die Gehalte der Phenolcarbonsäuren zeigten keine Beeinflussung durch die unterschiedlichen Verfahrensschritte. Es war insgesamt ein leichter Anstieg der Werte zu verzeichnen, der sich in allen drei Varianten gleichermaßen darstellte (vgl. Abb. 51).

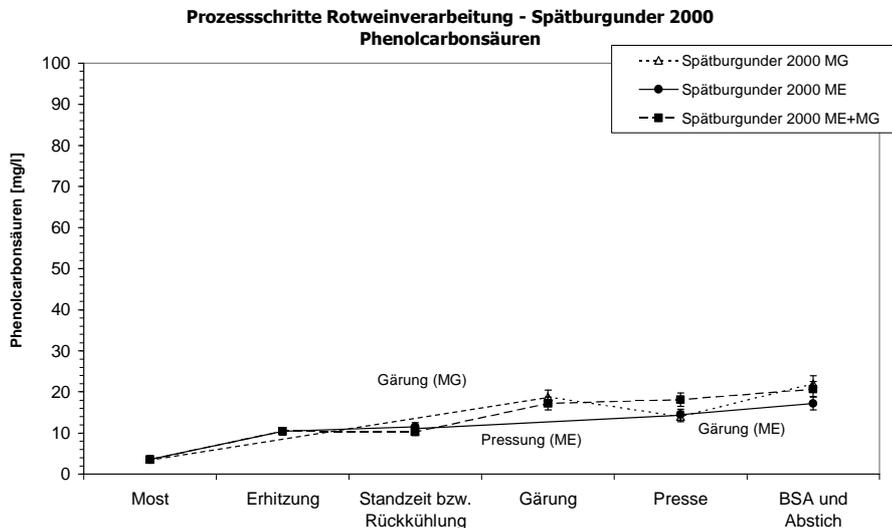


Abb. 51: Veränderung der Phenolcarbonsäuregehalte¹ im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000

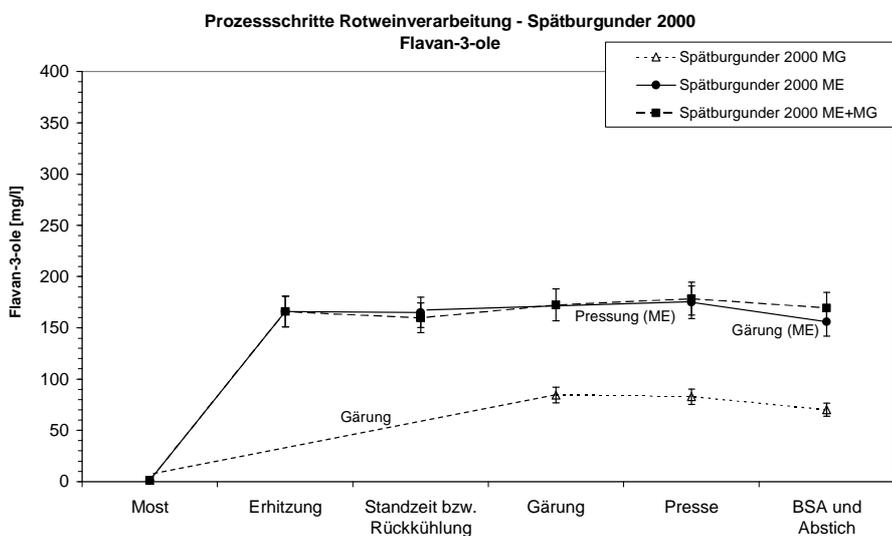


Abb. 52: Veränderung der Flavan-3-ol-Gehalte¹ im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000

Sowohl bei den Gehalten an Flavan-3-olen als auch bei den Resveratrolen war die bereits in Abb. 49 bei den Gesamtpolyphenolgehalten nach *Folin-Ciocalteu* sichtbare Zweiteilung zwischen den erhitzten (ME bzw. ME+MG) und den nicht erhitzten

¹ HPLC-Analytik und Aufstufung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Verfahren (MG) zu erkennen. Hier bewirkte die Erhitzung des Traubenmaterials deutlich höhere Werte beider Polyphenolgruppen im Vergleich zur Maischegärung, die auch bei der Maischeerhitzung ohne Verluste bis nach der Gärung und dem BSA/Abstich erhalten blieben (vgl. Abb. 52 und Abb. 53). Bei den Resveratrolen lag die Maischeerhitzung in den Werten tendenziell etwas höher als die Kombinationsvariante. Bei den Flavan-3-olen waren dagegen keine Unterschiede zwischen der Maischeerhitzung und der Kombinationsvariante zu erkennen.

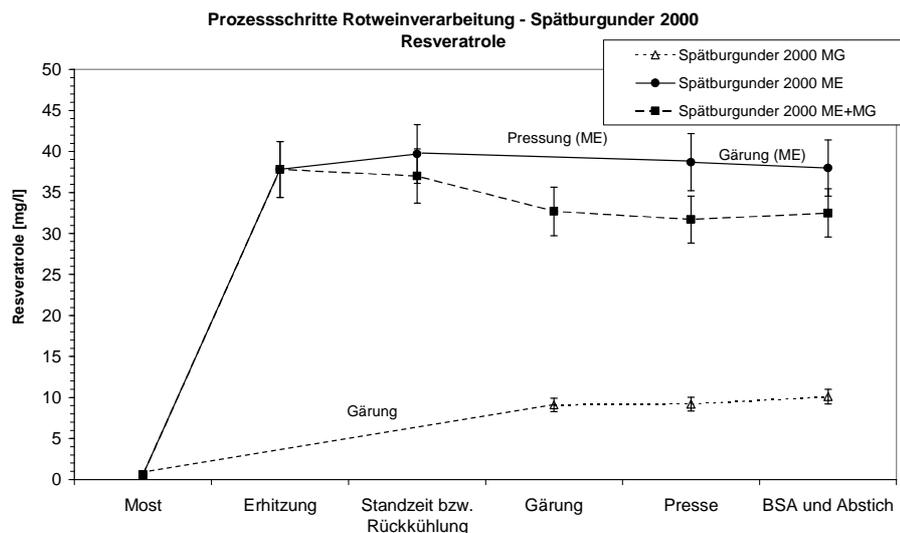


Abb. 53: Veränderung der Resveratrolgehalte¹ im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000

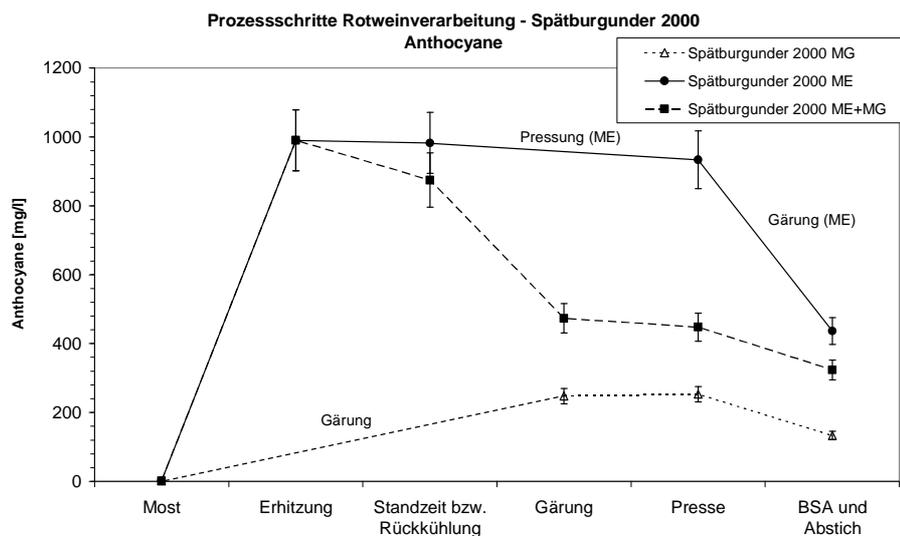


Abb. 54: Veränderung der Anthocyanengehalte¹ im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000

¹ HPLC-Analytik und Aufistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Die Untersuchung der monomeren Anthocyangehalte im Verlauf des Vinifikationsprozesses (vgl. Abb. 54) zeigte einen deutlichen Unterschied zur Entwicklung der Gesamtpolyphenolgehalte (vgl. Abb. 49). Es war auch hier wieder die bereits oben für die Gesamtpolyphenolgehalte und auch für die Gehalte an Flavan-3-ole und Resveratrole beschriebene Zweiteilung zwischen den erhitzten und nicht erhitzten Verfahren zu erkennen. Bei der Kombinationsvariante war allerdings während der Gärung ein deutlicher Abfall der Gehalte an monomeren Anthocyanen festzustellen. Der Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* sank an dieser Stelle im Verarbeitungsprozess allerdings nicht ab (vgl. Abb. 49), d.h. eine Ausfällung und mögliche Abtrennung der Farbstoffe war nicht zu beobachten. Die Variante der Maischeerhitzung zeigte ebenfalls einen vergleichbaren Anthocyanverlust nach der Gärung und dem biologischen Säureabbau (BSA), was sich in diesem Fall auch mit dem Absinken des Gesamtpolyphenolgehaltes dieser Variante (vgl. Abb. 49) deckte.

4.3.2.2 Ergebnisse der Prozessstufenkontrolle im Versuchsjahr 2001

Im Jahr 2001 wurde die Analyse der Prozessschritte bei der Rebsorte Spätburgunder wiederholt, allerdings aus Gründen des Analysenumfanges nur mit einer geringeren Anzahl von Probenahmen.

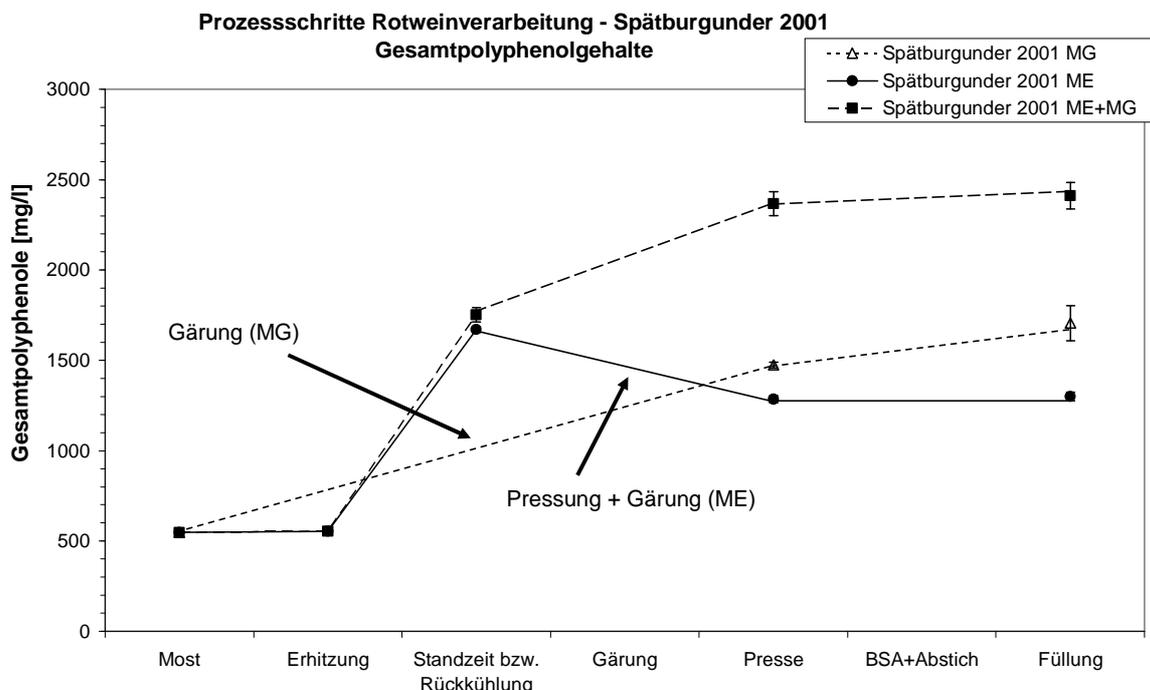


Abb. 55: Entwicklung der Gesamtpolyphenolgehalte [nach *Folin-Ciocalteu*] im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001

Die Resultate der Untersuchungen in Jahr 2001 konnten die Ergebnisse des Vorjahres bestätigen und sind in den Abb. 55 bis Abb. 60 graphisch dargestellt. Die Maischeerhitzung zeigte gegenüber der Entwicklung in 2000 im Jahr 2001 einen stärkeren Abfall der Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* und analog dazu auch eine stärkere Reduzierung der Antioxidativen Kapazität unterhalb der Werte der Maischegärung. Ansonsten verhielten sich die Maischegärung und die Kombinationsvariante wie im Vorjahr. Die Kombinationsvariante zeigte nach der Erhitzung, wie auch im Jahr 2000, wieder die meisten Polyphenole und auch die höchste Antioxidative Kapazität, die bis in den abgefüllten Wein erhalten werden konnte. Die Maischegärung hatte wieder deutlich geringere Gesamtpolyphenolgehalte als die Kombinationsvariante, konnte aber im Jahr 2001 höhere Werte als die Maischeerhitzung erzielen. Das galt auch für die TEAC-Werte und zeigte sich auch schon in den Ergebnissen der Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* in den abgefüllten Versuchsweinen (vgl. Abb. 42).

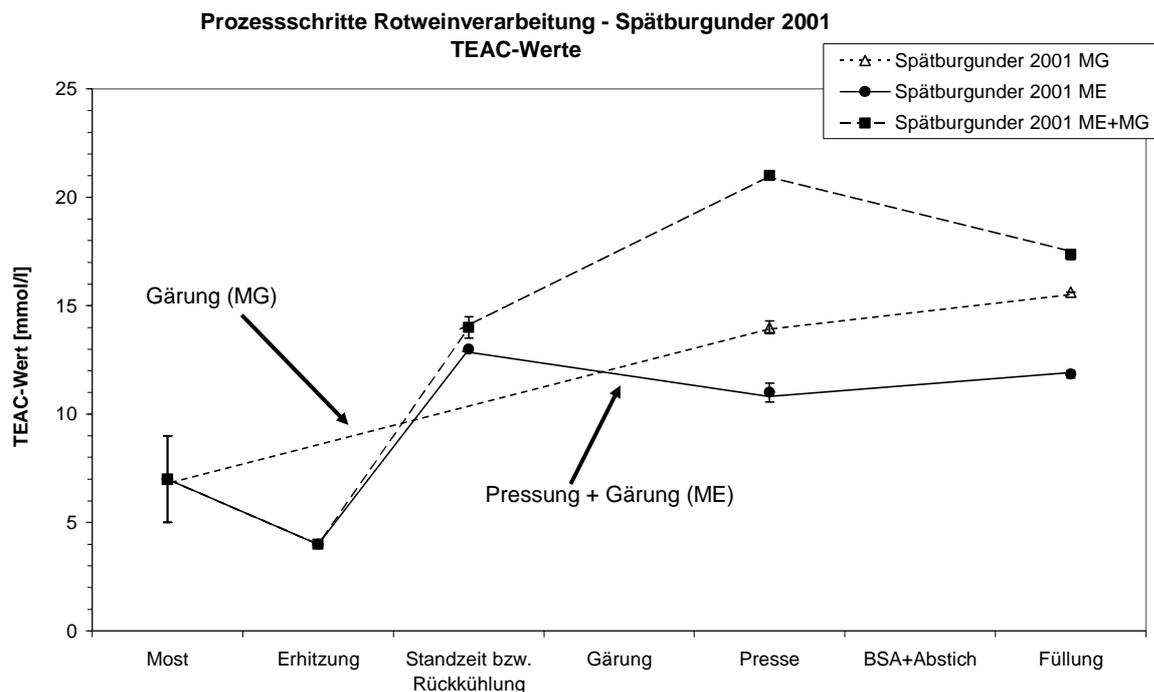


Abb. 56: Entwicklung der TEAC-Werte im Verlauf der Rotweinbereitung der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001

Die Phenolcarbonsäuregehalte zeigten auch in 2001 keine direkte technologische Beeinflussung durch die Verfahrensschritte innerhalb einer Versuchsvariante. Wie auch im Vorjahr zu beobachten, war ein allgemeiner Anstieg der Gehalte festzustellen,

wobei aber im Jahr 2001 bei den erhitzten Varianten höhere Phenolcarbonsäurewerte als bei der Maischegärung gemessen wurden (vgl. Abb. 57). Der hohe Messwert der Kombinationsvariante nach der Presse fiel aus dem Rahmen, wurde aber bestätigt, da die Messung des abgefüllten Weines (vgl. Tab. 14) einen vergleichbar hohen Wert ergab.

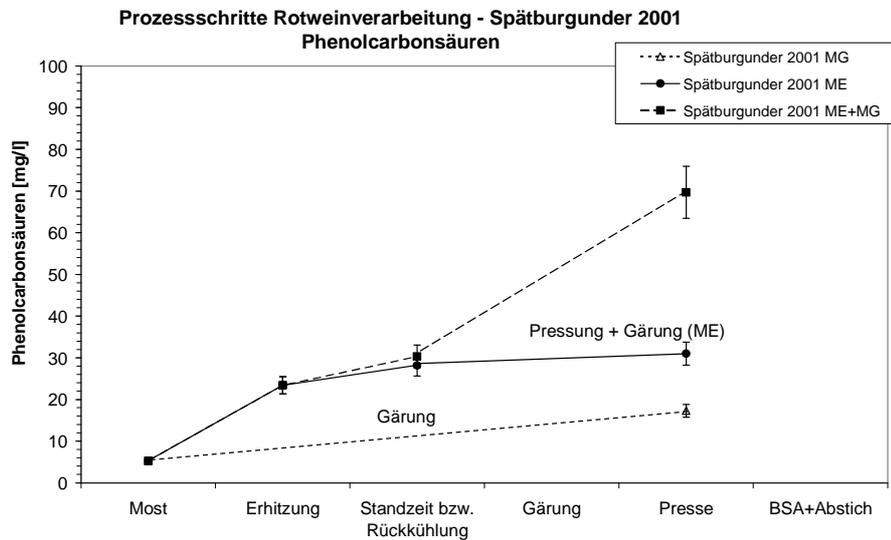


Abb. 57: Veränderung der Phenolcarbonsäuregehalte¹ während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001

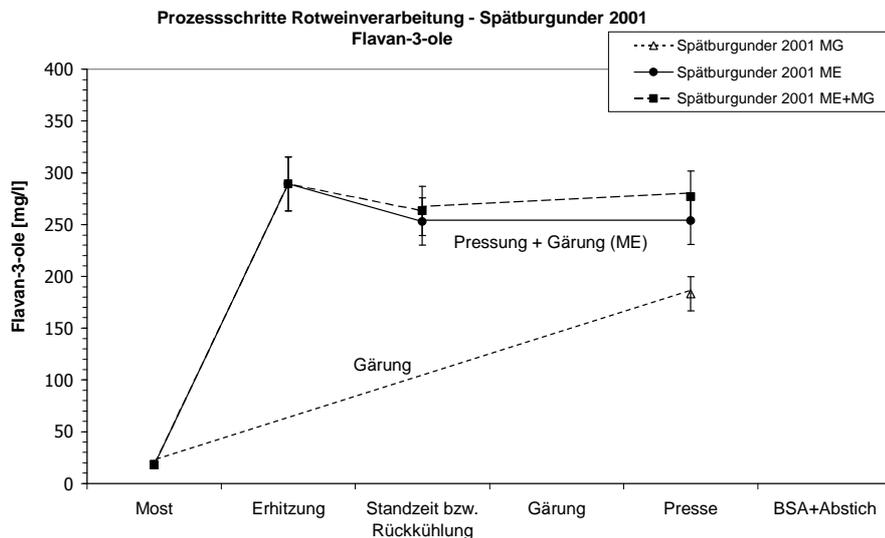


Abb. 58: Veränderung der Flavan-3-ol-Gehalte¹ während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001

¹ HPLC-Analytik und Aufstufung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Die Werte der Flavan-3-ole lagen in 2001 deutlich über denen des Vorjahres. Vor allem die Maischegärung wies nach der Gärung höhere Gehalte an Flavan-3-olen auf, weshalb sich die im Jahr 2000 gefundene Zweiteilung während der Vinifikation im Jahr 2001 nicht so ausgeprägt darstellte (vgl. Abb. 59). Bei den Gehalten an Resveratrolen war ein ähnliches zweigeteiltes Bild wie im Vorjahr zu erkennen, allerdings hatten die erhitzten Varianten niedrigere Werte als im Vorjahr (vgl. Abb. 58).

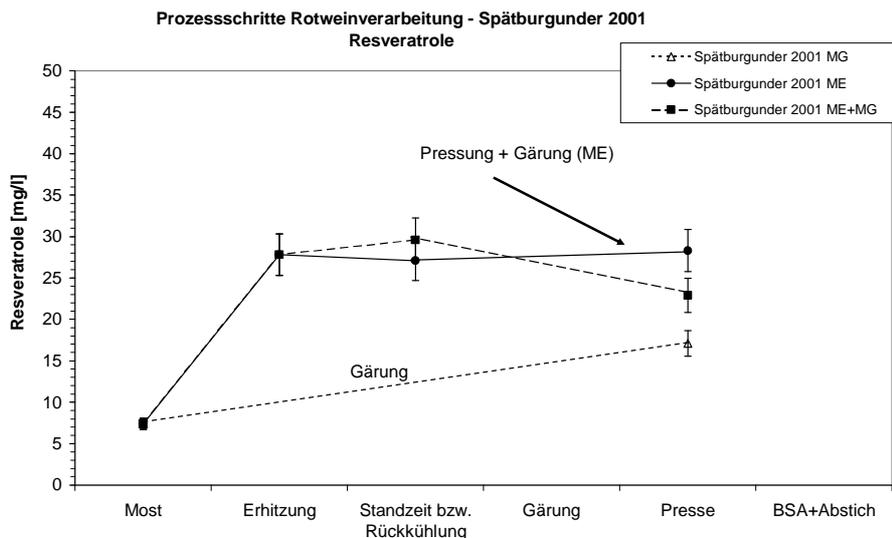


Abb. 59: Veränderung der Resveratrolgehalte¹ während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001

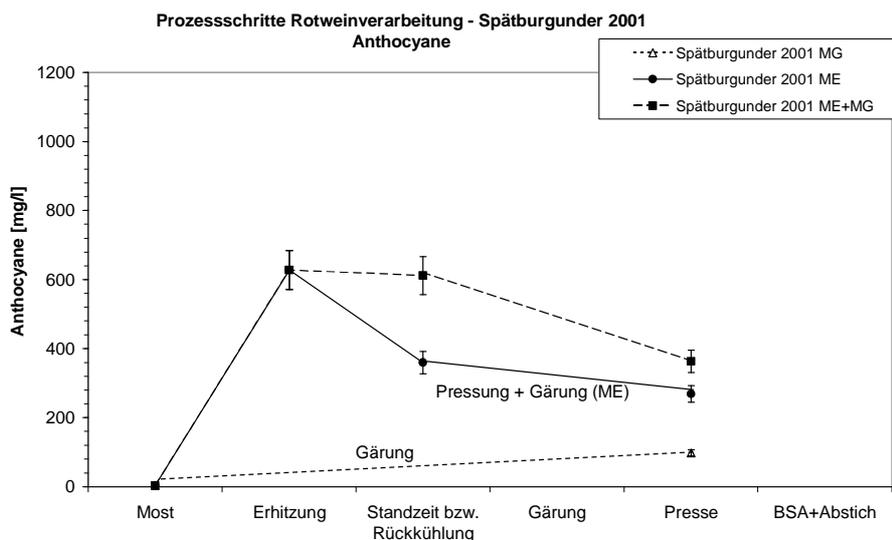


Abb. 60: Veränderung der Anthocyanengehalte¹ während des Rotweinausbaus der drei Versuchsvarianten Maischegärung, Maischeerhitzung und die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001

¹ HPLC-Analytik und Aufstufung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5

Im Bereich der Anthocyane wurden insgesamt im Jahr 2001 geringere Gehalte im Vergleich zum Jahr 2000 gemessen. Die bereits im Vorjahr beschriebene auffällige Abnahme der monomeren Anthocyane der erhitzten Varianten war ebenfalls zu erkennen, allerdings nicht so stark ausgeprägt. In 2001 zeigte die Kombinationsvariante entgegen den Vorjahresergebnissen mehr monomere Anthocyane als die Maischeerhitzung.

4.3.3 Farbausprägung der Spätburgunder- und Cabernet Franc-Weine nach unterschiedlicher Vinifikationstechnik

Bei beiden Rebsorten hatte die Kombinationsvariante in beiden Jahrgängen die höchste Farbintensität (vgl. Abb. 61 und Abb. 62), wobei erkennbar war, dass sich alle sechs Varianten in 2000 farbstärker als im darauf folgenden Jahr zeigten. Insgesamt wiesen die Cabernet Franc-Weine außerdem mehr Farbe als die Weine der Rebsorte Spätburgunder auf.

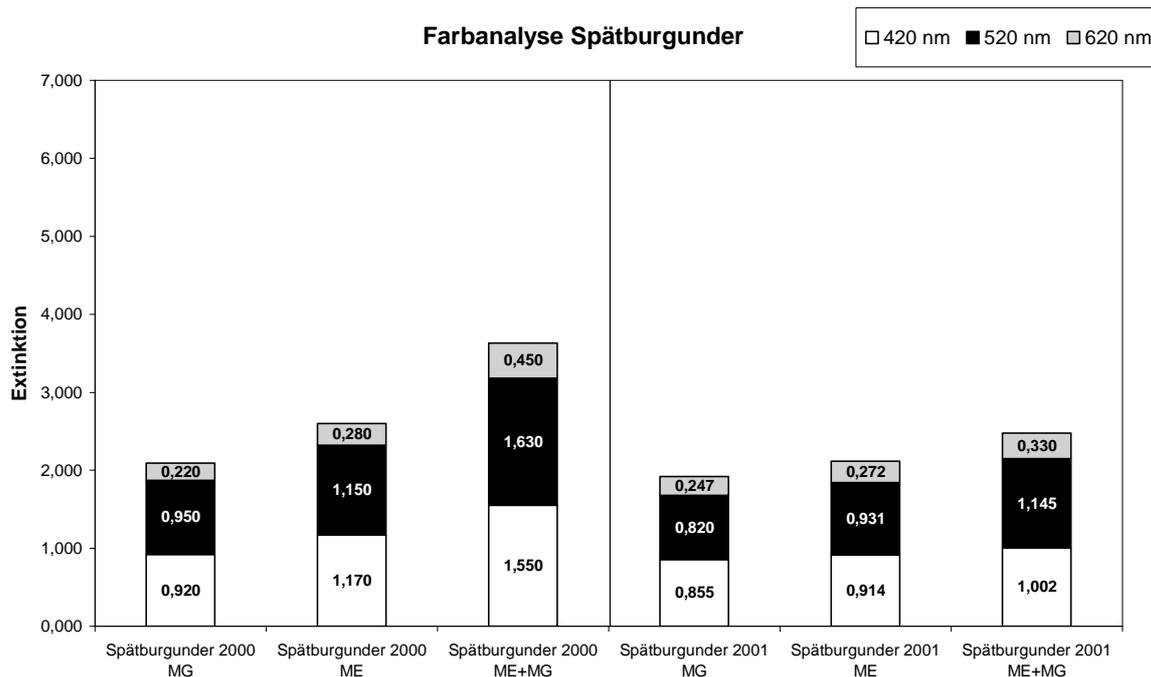


Abb. 61: Farbanalyse der Versuchsweine der Rebsorte Spätburgunder aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung in den Jahrgängen 2000 und 2001

Betrachtet man zunächst den Spätburgunder genauer, so brachte die Maischegärung in beiden Jahrgängen die geringsten Extinktionswerte. Die erhitzten Varianten erzielten dagegen eine bessere Farbextraktion. Grundsätzlich fand vor allem bei der Kombinationsvariante im Vergleich zur einfachen Maischeerhitzung eine weitere

Steigerung der Farbtintensität statt (vgl. Abb. 61). Im Detail war dies bei allen drei untersuchten Wellenlängenbereichen erkennbar, prozentual gesehen vor allem aber bei den Rottönen (520 nm) und teilweise auch bei den Violetttönen (620 nm). Dabei zeigte sich die Steigerung der Farbe im Jahr 2000 deutlicher als in 2001. Beim Cabernet Franc war bei der Kombinationsvariante ebenfalls eine deutliche Steigerung der Rot- und Violetttöne in beiden Jahrgängen zu beobachten. Die Maischegärung zeigte sich im Jahr 2001 gegenüber der Maischeerhitzung und der Kombinationsvariante sehr farbschwach. Die beiden farbstärkeren Varianten der Versuchsserie ließen im Vergleich untereinander, wie schon in Vorjahr 2000 und auch bei den beiden Versuchsserien der Rebsorte Spätburgunder beobachtet, bei der Kombinationsvariante wieder eine weitere Erhöhung der Extinktionen in allen drei gemessenen Wellenlängen erkennen.

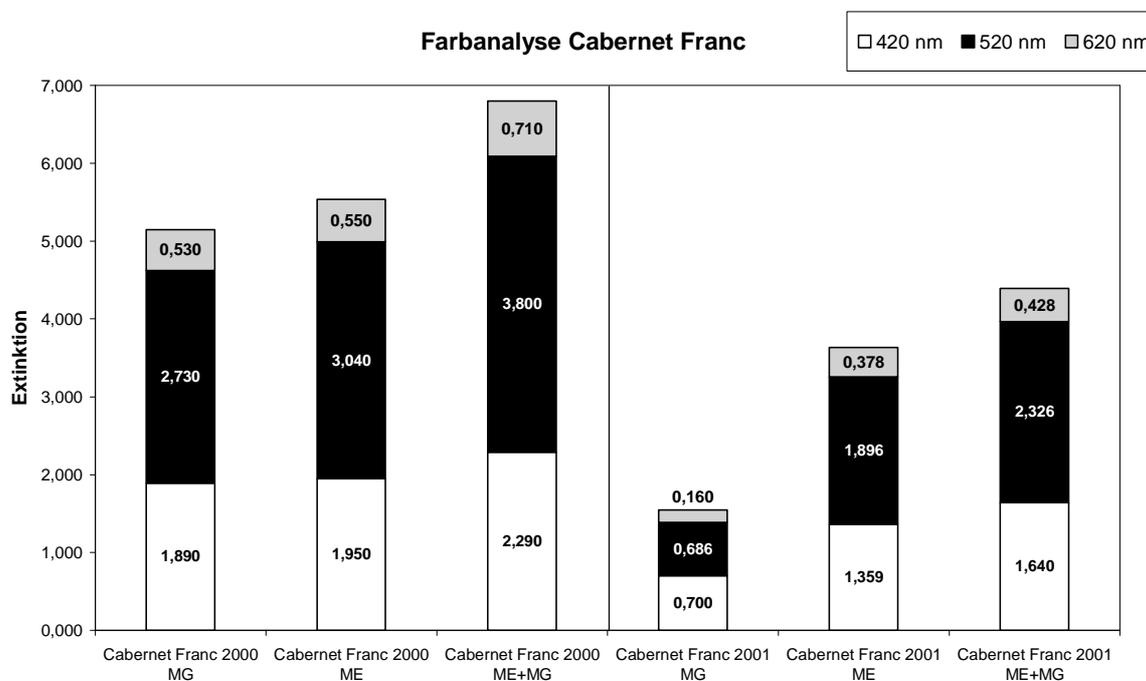


Abb. 62: Farbanalyse der Versuchssweine der Rebsorte Cabernet Franc aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung in den Jahrgängen 2000 und 2001

Auffällige Anstiege der Brauntöne (420 nm) waren in keiner der Versuchsvarianten zu erkennen. Die Ergebnisse der Farbnuance zeigten auch, dass der Braunanteil kaum in den oxidativen Bereich von > 1 (vgl. SCHNEIDER, 1998) fiel. Die Kombinationsvariante zeigte immer die niedrigste Farbnuance, d.h. die höheren Braunanteile fielen im Verhältnis zu den größeren Anteilen an roten Pigmenten nicht ins Gewicht. Die erhitzten Varianten hatten innerhalb der Versuchsserien, mit Ausnahme der Variante

Spätburgunder 2000 ME, möglicherweise bewirkt durch die Gärstockung (vgl. Kap. 4.3.1), immer eine geringere Farbnuance gegenüber der Maischegärung, d.h. weniger Bräunung (vgl. Abb. 63). Die Maischegärung der Rebsorte Cabernet Franc im Jahr 2001 fiel durch einen im Vergleich zu den beiden anderen Weinen der Versuchsserie hohen Wert der Farbnuance auf. Dies hing mit den insgesamt geringeren Farbextinktionen dieser Variante und dem damit verbundenen außergewöhnlich niedrigen Rotanteil (520 nm) zusammen (vgl. Abb. 62).

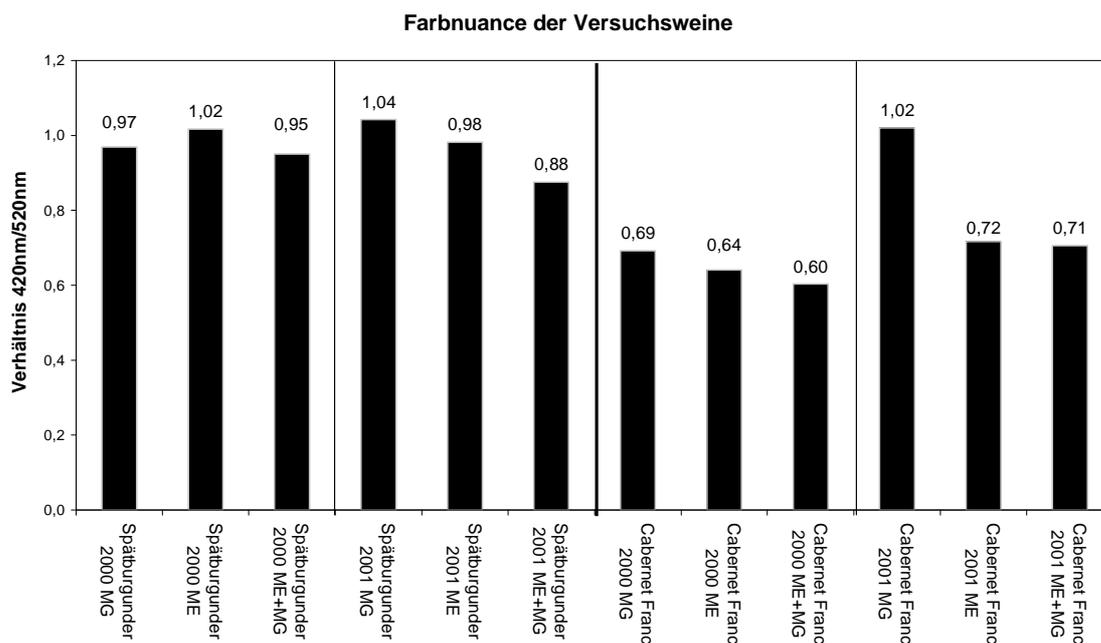


Abb. 63: Farbnuance der Versuchsweine der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung in den Jahrgängen 2000 und 2001

4.3.4 Einfluss des Rotweinvinifikationsverfahrens auf die sensorische Qualität bei Weinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc

4.3.4.1 Versuchsweine der Rebsorte Spätburgunder

4.3.4.1.1 Ergebnisse der Rangordnungsprüfung und Dreieckstests

Bei den Rangordnungsprüfungen der Versuchsweine in den Jahrgängen 2000 und 2001 ergaben sich in beiden Tests keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsweinen (vgl. Tab. 15 und Tab. 16).

Tab. 15: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2000er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=14]

	2000er Spätburgunder: MG	2000er Spätburgunder: ME	2000er Spätburgunder: ME-MG
mittlerer Rangplatz	1,9	1,9	2,2
sign. Unterschied ¹	a	a	a

Tab. 16: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2001er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=12]

	2001er Spätburgunder: MG	2001er Spätburgunder: ME	2001er Spätburgunder: ME-MG
mittlerer Rangplatz	1,6	1,4	2,1
sign. Unterschied ¹	a	a	a

Tab. 17: Ergebnisse der Dreieckstests der 2000er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=14]

Varianten: 2000er Spätburgunder	Signifikanter Unterschied
MG – ME	sign. Unterschied ($p \leq 0,01$)
MG – ME+MG	sign. Unterschied ($p \leq 0,01$)
ME – ME+MG	kein Unterschied

Tab. 18: Ergebnisse der Dreieckstests der 2001er Spätburgunder-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=13]

Varianten: 2001er Spätburgunder	Signifikanter Unterschied
MG – ME	kein Unterschied
MG – ME+MG	sign. Unterschied ($p \leq 0,01$)
ME – ME+MG	sign. Unterschied ($p \leq 0,01$)

Die Dreiecksprüfung zeigte sowohl im Jahr 2000 als auch im Jahr 2001 deutliche Unterschiede ($p \leq 0,01$) für einzelne Versuchsweinpaare. Dabei unterschied sich im Jahr 2000 die Variante Maischegärung signifikant von der Maischeerhitzung und der Kombinationsvariante aus Maischeerhitzung und Maischegärung (vgl. Tab. 17). Im Jahrgang 2001 unterschied sich im Dreieckstest die Kombinationsvariante signifikant

¹ Unterschiedliche Buchstaben der Versuchsweine kennzeichnen einen sign. Unterschied ($p \leq 0,01$) zw. den untersuchten Varianten

von der Maischeerhitzung und auch von der Maischegärung. Die beiden letzteren zeigten dagegen untereinander keinen signifikanten Unterschied (vgl. Tab. 18).

4.3.4.1.2 Ergebnisse der deskriptiven Sensorik bei der Rebsorte Spätburgunder

Analog zu den Ergebnissen der Farbanalyse beim Spätburgunder (vgl. Abb. 61) wurde die Kombinationsvariante in beiden Jahrgängen auch in der sensorischen Bewertung am farbintensivsten beurteilt. Die beiden übrigen Varianten lagen in ihrer sensorischen Farbbewertung dicht beieinander ohne sich untereinander in der sensorischen Bewertung signifikant voneinander zu unterscheiden (vgl. Abb. 64 und Abb. 65).

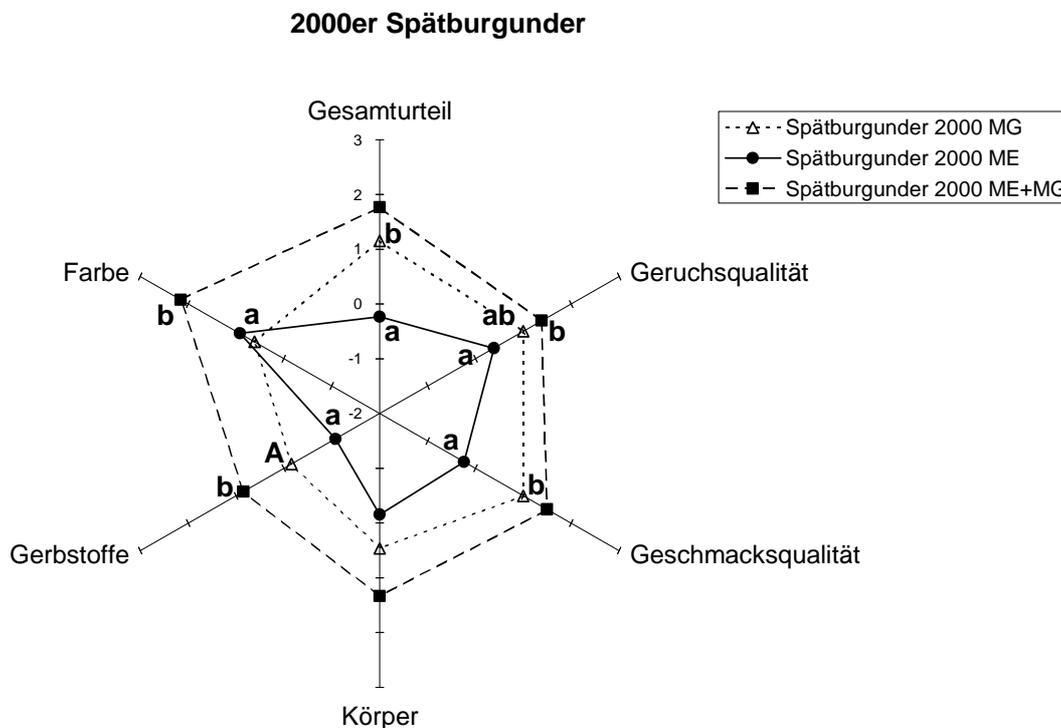


Abb. 64: Ergebnisse der Verkostung der 2000er Spätburgunder-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=13]¹

Betrachtet man die übrigen untersuchten Attribute der Rebsorte Spätburgunder, so erkennt man, dass die Kombinationsvariante in beiden Jahrgängen sowohl bei der Geruchs- und Geschmacksqualität als auch beim Körper und des gerbstoffbetonten

¹ Aus Gründen der Übersicht wurden die Buchstaben zur Signifikanzkennzeichnung bei sehr eng zusammenliegenden Bewertungen innerhalb eines Attributes nur einmal angeben, gelten aber auch für alle unmittelbar daneben befindlichen Varianten.

Charakters am besten bzw. intensivsten beurteilt wurde, besonders differenziert im Jahr 2000. Die Maischegärung positionierte sich bezüglich dieser Attribute auf dem zweiten Platz. Für den Wein aus der Maischeerhitzung waren die schwächsten Bewertungen zu erkennen. Die Unterschiede mit ihren entsprechenden Signifikanzen sind in Abb. 64 und Abb. 65 dargestellt. Die Maischeerhitzung schnitt bei der Versuchsserie im Jahr 2000 besonders schlecht ab, was an einer deutlichen Herabstufung in der Bewertung des Gesamturteils erkennbar war. Ein Zusammenhang mit der in Kap. 4.3.1 erwähnten Gärstockung scheint offensichtlich. Im Folgejahr 2001 wurden alle drei Versuchsweine im Gesamturteil identisch bewertet (vgl. Abb. 65). Die Maischeerhitzung zeigte sich dabei im Jahr 2001 weniger gerbstoffbetont und im Geruch, Geschmack und Körper schwächer. Die beiden übrigen Varianten konnten in den dargestellten Parameter nicht signifikant unterschieden werden.

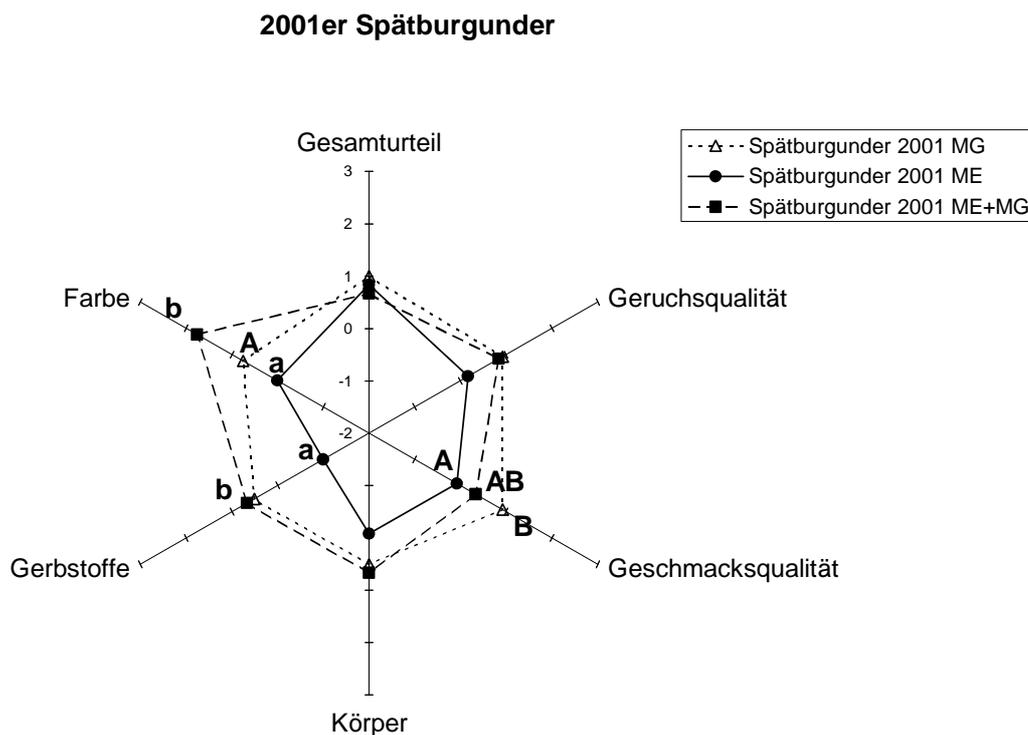


Abb. 65: Ergebnisse der Verkostung der 2001er Spätburgunder-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=12]¹

¹ Aus Gründen der Übersicht wurden die Buchstaben zur Signifikanzkennzeichnung bei sehr eng zusammenliegenden Bewertungen innerhalb eines Attributes nur einmal angeben, gelten aber auch für alle unmittelbar daneben befindlichen Varianten.

4.3.4.2 Versuchsweine der Rebsorte Cabernet Franc

4.3.4.2.1 Ergebnisse der Rangordnungsprüfung und Dreieckstests

Bei den Versuchen der Rebsorte Cabernet Franc konnten im Jahrgang 2000 weder in der Rangordnungsprüfung noch im Dreieckstest signifikante Unterschiede festgestellt werden (vgl. Tab. 19 und Tab. 20). Im Jahrgang 2001 dagegen bestand in der Rangordnungsprüfung ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$) zwischen den Varianten Maischegärung und Maischeerhitzung. Dabei wurde der Wein aus der Maischeerhitzung besser bewertet (vgl. Tab. 21). Ein Dreieckstest wurde bei den Versuchsweinen der Rebsorte Cabernet Franc im Jahr 2001 auf Grund der bereits signifikanten Ergebnisse der Rangordnungsprüfung nicht durchgeführt.

Tab. 19: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2000er Cabernet Franc-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=14]

	2000er Cabernet Franc: MG	2000er Cabernet Franc: ME	2000er Cabernet Franc: ME-MG
mittlerer Rangplatz	2,3	1,9	1,8
sign. Unterschied ¹	a	a	a

Tab. 20: Ergebnisse der Dreieckstests der 2000er Cabernet Franc-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=14]

Varianten: 2000er Cabernet Franc	Signifikanter Unterschied
MG – ME	kein Unterschied
MG – ME+MG	kein Unterschied
ME – ME+MG	kein Unterschied

Tab. 21: Ergebnisse der Rangordnungsprüfung der 2001er Cabernet Franc-Versuchsweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=12]

	2001er Cabernet Franc: MG	2001er Cabernet Franc: ME	2001er Cabernet Franc: ME-MG
mittlerer Rangplatz	2,1	1,2	1,8
sign. Unterschied ¹	a	b	ab

¹ Unterschiedliche Buchstaben der Versuchsweine kennzeichnen einen sign. Unterschied ($p \leq 0,01$) zw. den untersuchten Varianten

4.3.4.2.2 Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der Rebsorte Cabernet Franc

In 2000 konnten von den Verkostern keine farblichen Unterschiede festgestellt werden. Wesentlich deutlicher fiel dagegen das Ergebnis der Farbbeurteilung im Jahr 2001 aus. Die geringeren Extinktionswerte der Maischegärung (vgl. Abb. 62) zeigten sich mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $p \leq 0,01$ deutlich in der Sensorik (vgl. Abb. 67). Die Maischeerhitzung nahm mit einer signifikant geringeren Farbausprägung im Vergleich zur Kombinationsvariante eine Mittelstellung ein.

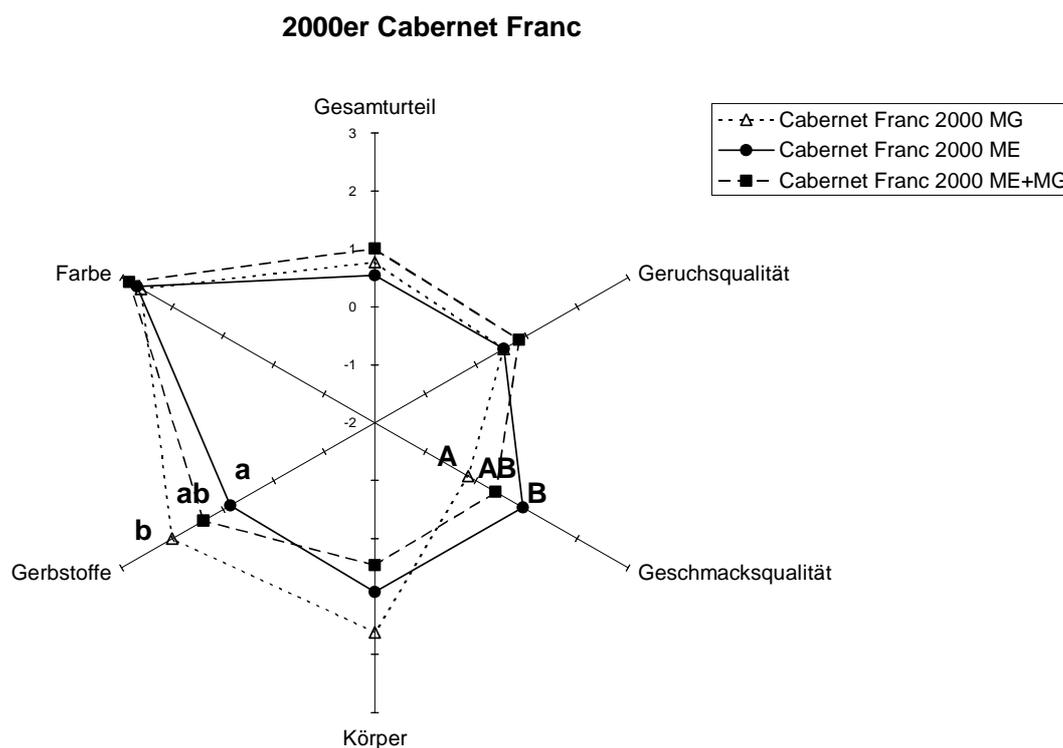


Abb. 66: Ergebnisse der Verkostung der 2000er Cabernet Franc-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=13]

In Jahr 2000 waren bei den Versuchsweinen insgesamt nur sehr geringe Unterschiede in der Sensorik zu beobachten, was nach den Ergebnissen des Dreieckstests und der Rangordnungsprüfung zu erwarten war (vgl. Tab. 19 und Tab. 20). Die Maischegärung zeichnete sich durch den intensivsten Gerbstoffcharakter und damit verbunden auch tendenziell den meisten Körper aus. Dies wurde allerdings in der Geschmacksqualität eher negativ bewertet. Im Gesamturteil und in der Geruchsqualität gab es im Jahrgang 2000 keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Varianten. Die Maischeerhitzung und die Kombinationsvariante ließen sich

untereinander in den sensorischen Attributen Körper, Gerbstoffe und Geschmacksqualität nicht eindeutig differenzieren (vgl. Abb. 66). Tendenziell kann aber gesagt werden, dass die Maischeerhitzung die geringste Gerbigkeit zeigte. In der Geschmacksqualität schnitt sie damit besser ab als die gerbstoffbetontere Maischegärung ($p \leq 0,15$), ohne sich aber signifikant von der Kombinationsvariante zu unterscheiden.

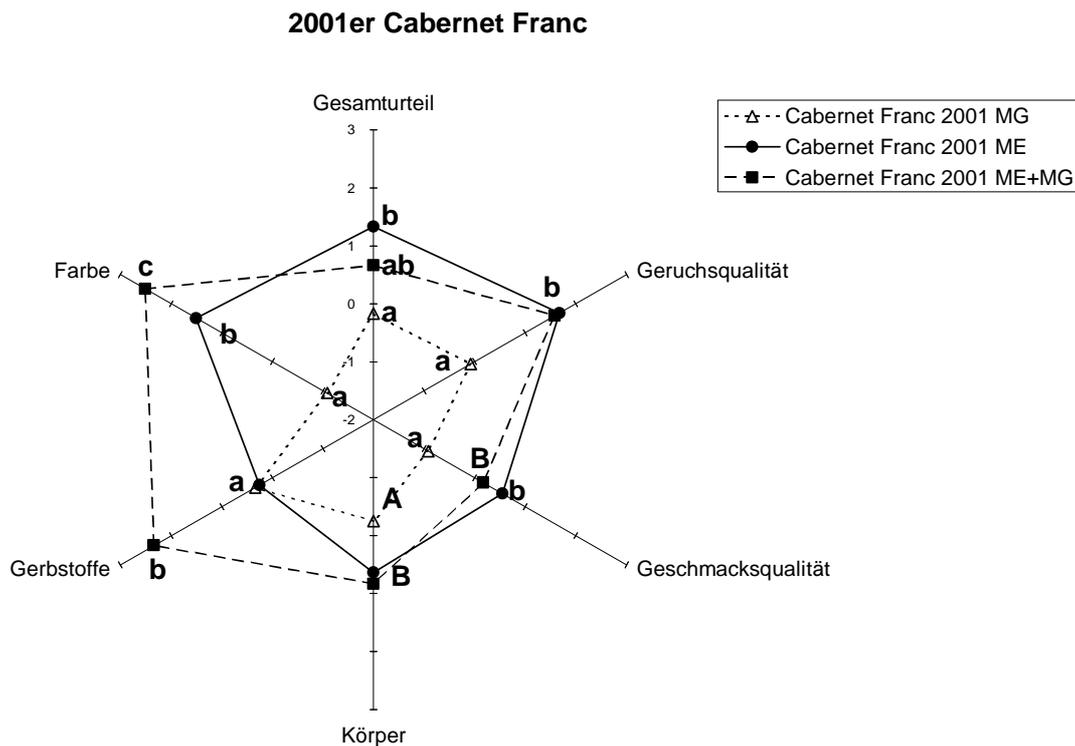


Abb. 67: Ergebnisse der Verkostung der 2001er Cabernet Franc-Weine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung [n=12]¹

Im darauf folgenden Jahr 2001 erzielte die Maischeerhitzung im Gesamturteil das beste Ergebnis. Sowohl in der Qualität von Geruch und Geschmack als auch beim Attribut Körper und im Gesamturteil wurde sie gleich gut, d.h. ohne statistisch signifikante Unterschiede, mit der Kombinationsvariante bewertet. Wie schon im Jahr 2000 konnte demnach die Maischeerhitzung auch in 2001 in der sensorischen Bewertung gut abschneiden, wobei sich die Kombinationsvariante darüber hinaus durch mehr Farbe und ein kräftigeres Gerbstoffgerüst auszeichnete. Die Variante der

¹ Aus Gründen der Übersicht wurden die Buchstaben zur Signifikanzkennzeichnung bei sehr eng zusammenliegenden Bewertungen innerhalb eines Attributes nur einmal angeben, gelten aber auch für alle unmittelbar daneben befindlichen Varianten.

Maischegärung wurde im Jahr 2001 negativ beurteilt, was sich vor allem in einer schlechten Bewertung der Geschmacks- und Geruchsqualität dieses Weines äußerte. Die Kombinationsvariante wies die höchste Gerbstoffintensität auf, schnitt aber im Gesamturteil, in der Geruchs- und Geschmacksqualität und bei dem Attribut „Körper“ dennoch gut ab (vgl. Abb. 67).

4.3.4.3 Rebsorten- und jahrgangsübergreifender Verfahrensvergleich

In Abb. 68 sind die Mittelwerte der sensorischen Bewertungen der Versuchweine mit den entsprechenden Signifikanzen dargestellt. Es konnte nur im Bereich der Farbe und der Gerbstoffe eine statistisch abgesicherte Differenzierung zwischen den untersuchten Verfahren errechnet werden, wobei die Kombinationsvariante in diesen beiden Attributen am intensivsten bewertet wurde.

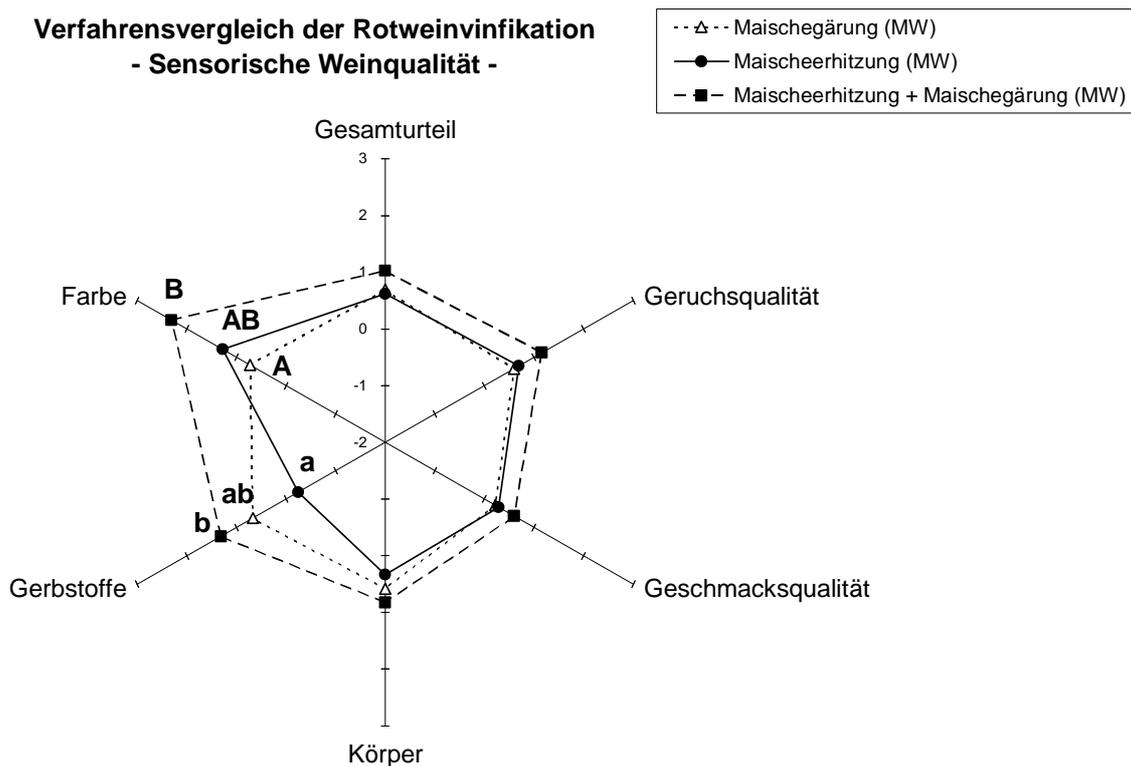


Abb. 68: Beeinflussung der sensorischen Rotweinqualität durch die Vinifikationsverfahren Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischegärung und Maischeerhitzung im jahrgangs- und rebsortenübergreifenden Mittelwertvergleich

Im rebsorten- und jahrgangsübergreifenden Mittelwertvergleich der übrigen untersuchten sensorischen Parameter erhielten die Weine aus der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung gegenüber den Einzelvarianten im Gesamturteil

und in der Qualität von Geruch und Geschmack die besten Bewertungen, allerdings ohne statistische Signifikanz. Zwischen der Maischegärung und Maischeerhitzung konnten insgesamt keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Beim Attribut Körper erhielten allen drei Verfahren identische Bewertungen.

4.3.5 Korrelationen zwischen der sensorischen Weinqualität und den polyphenolischen Inhaltsstoffen

In Tab. 22 sind die signifikanten Korrelationen zwischen den sensorischen und analytischen Parameter dieses Versuchskomplexes dargestellt.

Tab. 22: Korrelationen [nach Pearson] zwischen den Weininhaltsstoffen und der Sensorik bei den Versuchswinen aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

		Geruchs- qualität	Geschmacks- qualität	Körper	Gerbstoffe	Farbe	Gesamt- urteil	Folin-Gehalt Wein	520 nm	Flavonoid- gehalt	Anthocyane ¹
Geruchs- qualität	r=	1	,632 *	,626 *	,418	,525	,698 *	,572	,236	,566	,016
	p=	.	,027	,029	,176	,079	,012	,052	,460	,055	,959
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Geschmacks- qualität	r=	,632 *	1	,737 **	,108	,447	,792 **	,100	,151	,077	,430
	p=	,027	.	,006	,737	,145	,002	,758	,639	,813	,162
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Körper	r=	,626 *	,737 **	1	,136	,501	,479	,163	,203	,147	,544
	p=	,029	,006	.	,674	,097	,116	,612	,526	,648	,067
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Gerbstoffe	r=	,418	,108	,136	1	,687 *	,232	,739 **	,648 *	,782 **	-,290
	p=	,176	,737	,674	.	,014	,467	,006	,023	,003	,361
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Farbe	r=	,525	,447	,501	,687 *	1	,387	,661 *	,842 **	,632 *	,279
	p=	,079	,145	,097	,014	.	,214	,019	,001	,027	,379
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Gesamturteil	r=	,698 *	,792 **	,479	,232	,387	1	,183	,184	,172	,187
	p=	,012	,002	,116	,467	,214	.	,569	,566	,594	,561
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Folin-Gehalt Wein	r=	,572	,100	,163	,739 **	,661 *	,183	1	,461	,994 **	-,138
	p=	,052	,758	,612	,006	,019	,569	.	,132	,000	,668
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
520 nm	r=	,236	,151	,203	,648 *	,842 **	,184	,461	1	,464	,016
	p=	,460	,639	,526	,023	,001	,566	,132	.	,129	,960
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Flavonoid- gehalt	r=	,566	,077	,147	,782 **	,632 *	,172	,994 **	,464	1	-,213
	p=	,055	,813	,648	,003	,027	,594	,000	,129	.	,507
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Anthocyane ¹	r=	,016	,430	,544	-,290	,279	,187	-,138	,016	-,213	1
	p=	,959	,162	,067	,361	,379	,561	,668	,960	,507	.
	N=	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

¹ HPLC-Analytik und Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Man kann allgemein erkennen, dass die Qualität des Geruches positiv mit der Qualität des Geschmackes korrelierte ($r=0,632^{**}$) und sich diese beiden Parameter zusammen mit dem Attribut Körper positiv auf das Gesamturteil auswirkten. Das Attribut „Körper“ korrelierte mit $r=0,737^{***}$ deutlich mit der Geschmacksqualität. Außerdem wird in Tab. 23 ersichtlich, dass auch der Anthocyangehalt positiv auf die Bewertung des Körpers wirkte ($r=0,544$), wobei dies nur mit $p \leq 0,10$ statistisch abgesichert werden konnte.

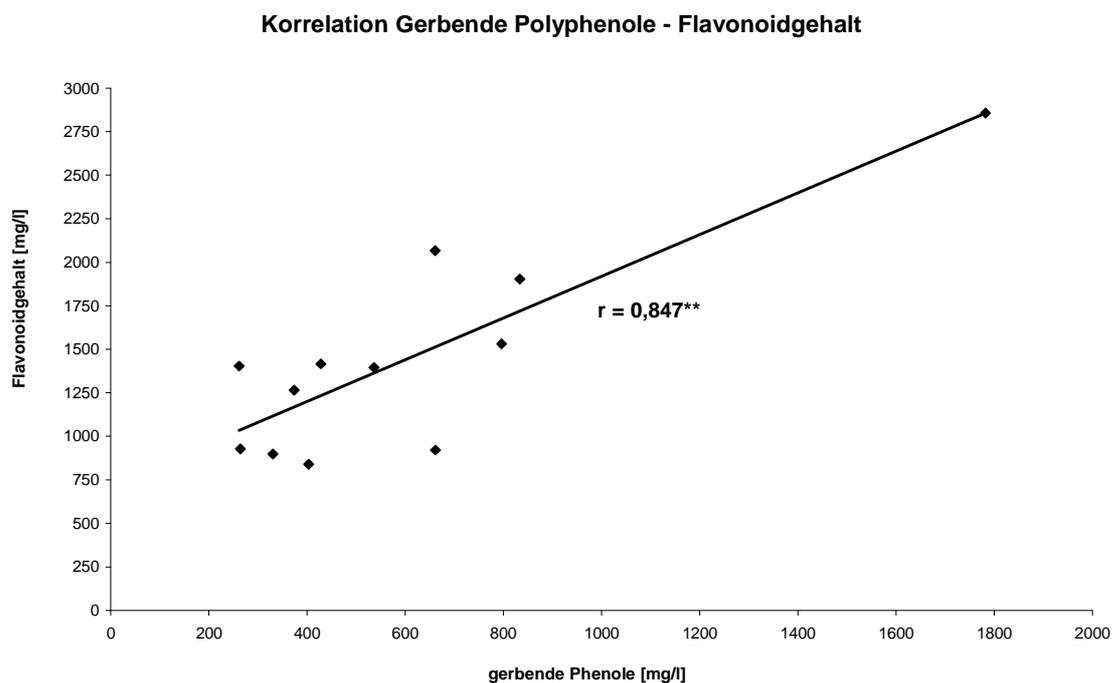


Abb. 69: Korrelationsdiagramm [nach *Pearson*] zwischen den Gehalten an gerbenden Polyphenolen und dem Flavonoidgehalt in Versuchsweinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahren 2000 und 2001 [n=12]

Die große Fraktion der Flavonoide beeinflusste die Weinsensorik, insbesondere die Bewertung der Gerbstoffe ($r=0,782^{**}$), deutlich. Dabei konnte mit $r=0,847^{**}$ auch eine signifikante Korrelation dieser Polyphenolgruppe zu den gemessenen Gehalten an gerbenden Polyphenolen gefunden werden (vgl. Abb. 69). Aufgrund der hohen Anteile der Flavonoide am Gesamtpolyphenolgehalt war auch der Folinwert als Einflussgröße für die Gerbstoffintensität der Weine ($r=0,739^{**}$) in Tab. 22 zu erkennen. Mit steigendem Polyphenolgehalt nahm die Gerbigkeit der Rotweine zu, ebenso mit steigendem Flavonoidgehalt. Der Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* korrelierte mit $r=0,994^{**}$ sehr gut mit den Gehalten an Flavonoiden. Eine negative

Korrelation zwischen der Bewertung der Gerbstoffe und dem Gesamturteil oder der Geruchs- und Geschmacksqualität konnte nicht festgestellt werden. Dadurch wird das vor allem in den Versuchsweinen der Kombinationsvariante positiv bewertete stärkere Gerbstoffgerüst in Verbindung mit einem besseren Körper der Weine und einer besseren Geschmacksqualität (vgl. Abb. 64 und Abb. 67) bestätigt. Für den Eindruck der Gerbstoffe konnte mit $r=0,775^{**}$ eine deutliche Korrelation zu den Gehalten an gerbenden Polyphenolen im Wein gefunden werden (vgl. Abb. 70).

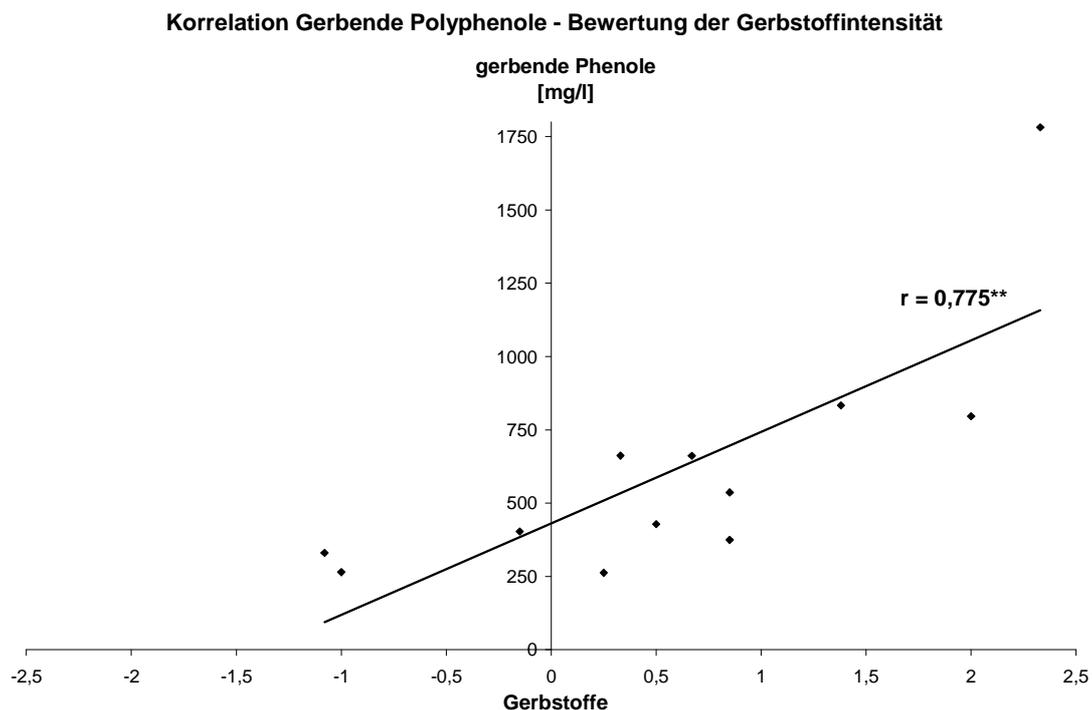


Abb. 70: Korrelationsdiagramm [nach *Pearson*] zwischen dem Gehalt an gerbenden Polyphenolen und der Gerbstoffintensität der Versuchsrotweine aus Maischegärung, Maischeerhitzung und der Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=12]

Die bei 520 nm gemessene Farbe korrelierte signifikant ($r=0,842^{***}$) mit den von den Prüfern bewerteten optischen Eindrücken. Der Gehalt an monomeren Anthocyanen zeigte weder mit den gemessenen Extinktionen noch mit der sensorischen Farbbewertung einen Zusammenhang. Bei der getrennten Betrachtung der Anthocyangehalte und der Extinktionswerte sah man, dass die separate Korrelationsberechnung in beiden Fällen einen eindeutigen Zusammenhang mit $r=0,946^{**}$ beim Spätburgunder und $r=0,838^{**}$ beim Cabernet Franc mit einer Signifikanz von $p \leq 0,01$ hervorbrachte (vgl. Abb. 71).

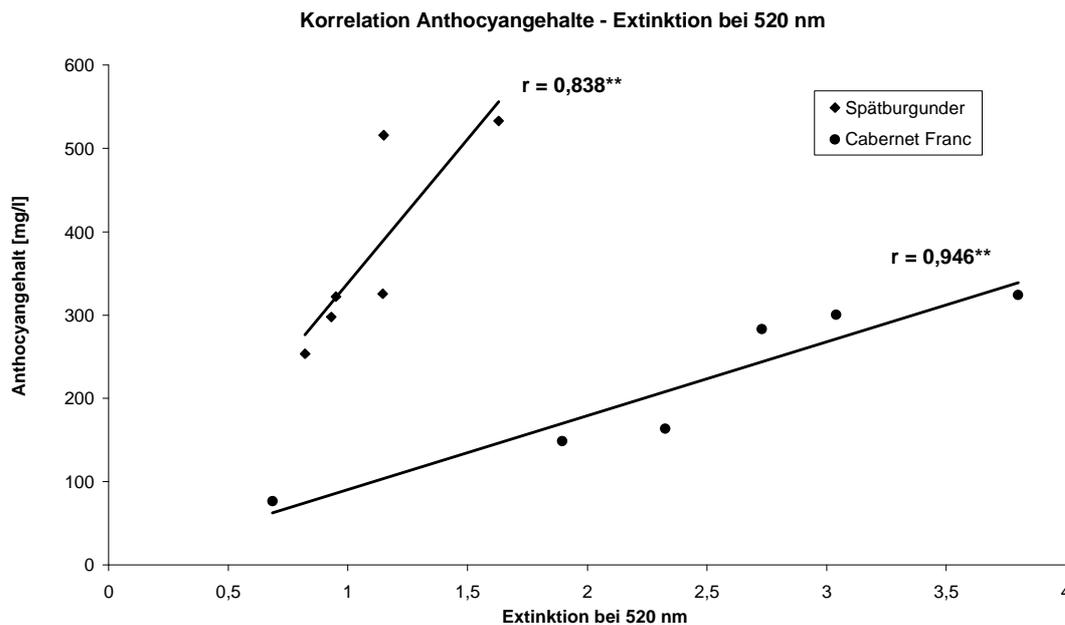


Abb. 71: Korrelationsdiagramm [nach *Pearson*] zwischen dem Anthocyangehalt und der Extinktion bei 520 nm getrennt nach den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 [n=12]

Je höher der Folingehalt desto kräftiger war die Farbe, was auch von den Prüfern so bewertet wurde. Der in Tab. 22 erkennbare Zusammenhang zwischen der sensorisch bewerteten Farbe und dem Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* ($r=0,661^*$) bestätigte dies. Der Farbeindruck korrelierte außerdem mit $r=0,687^*$ positiv mit der Bewertung der Gerbstoffe, d.h. je mehr Farbe der Rotwein in der Verkostung zeigte, desto gerbstoffbetonter wurde er bewertet. Dieselbe positive Korrelation bestand mit $r=0,648^*$ auch für die analytisch gemessene Farbe. Mit $r=0,501$ ($p \leq 0,10$) korrelierte in der Sensorik die Farbe auch positiv mit dem Körper der Weine.

5 Diskussion

5.1 Beeinflussung der Weinqualität durch den Entrappungsvorgang während der Vollernterlese von Rheingauer Rieslingtrauben

5.1.1 Veränderung der Trub- und Polyphenolgehalte in Rieslingmosten bzw. -weinen durch die Entrappung während der Vollernterlese

Bei der Beurteilung von Traubenverarbeitungsverfahren werden die Trubgehalte der Moste als Indikatoren für die mechanische Belastung des Lesegutes gesehen (vgl. SECKLER, 1997). Der Entrappungsvorgang brachte in allen drei Versuchsansätzen im Vergleich zur nicht entrappten Variante eine Erhöhung der Sedimentations- trubgehalte um 10 bis 17 %, bei den Schleudertrubgehalten, in Abhängigkeit des Traubenzustandes, teilweise sogar bis zu 46 %. Dies bestätigte die Ergebnisse von SECKLER (1997), dass jeder zusätzliche mechanische Arbeitsschritt in der Traubenverarbeitung höhere Trubmengen verursacht. Weder beim Sedimentations- trub noch beim Schleudertrub konnte das Ausmaß der Truberhöhung durch die Entrappung eindeutig mit dem Reife- und Gesundheitszustand des Lesegutes in Verbindung gebracht werden. Sowohl bei den gesünderen Trauben in 2001 VE I als auch bei den beiden Versuchsserien aus sehr stark fäulnisbelasteten Trauben (2000 VE I und 2001 VE II) verursachte der Entrapper in allen drei Versuchsansätzen eine Erhöhung der Trubgehalte. Insgesamt betrachtet zeigten die Trubgehalte aber dennoch eine Beeinflussung durch die Fäulnis. Durch *Botrytis cinerea* befallene Beeren werden weicher, da der Pilz durch sein Enzymsystem die Zellwandstrukturen verstärkt auflöst (vgl. DITTRICH, 1989). Die befallenen Trauben waren daher gegenüber der unvermeidlichen Verletzung bei der Vollernterlese (vgl. OUGH und BERG, 1971) empfindlicher und es bildete sich mehr Trub. Bei dem gesünderen Traubenmaterial war dies nicht so ausgeprägt der Fall und erklärt somit die niedrigeren Sedimentationstrubgehalte in der Variante 2001 VE I. Der geringere Einfluss der Fäulnis zeigte sich bei dieser früheren Versuchsserie auch im Schleudertrubgehalt, der im Verhältnis zum Sedimentationstrubgehalt höher war als bei den beiden anderen Versuchsweinpaaren. Dies spricht für einen höheren Anteil an groben Zellbruchstücken, die sich im Sedimentationstrub kompakter absetzen, aber im Schleudertrub höhere Gehalte hervorrufen. Wie SECKLER (1997) bereits in seinen

Untersuchungen herausfand, ist dies wiederum ein Indiz, dass Beeren mit geringerer Fäulniseinwirkung aufgrund einer stärkeren Festigkeit weniger stark durch die Traubenverarbeitung zerkleinert werden.

Die höheren Trubmengen aus mechanisch stärker beeinflusstem Lesegut wirkten sich auch auf die polyphenolischen Inhaltsstoffe im Wein aus. Zum einen enthält der Trub 8-10 % der Trockenmasse an Polyphenole (vgl. WILL *et al.*, 2004), so dass dementsprechend bei höheren Trubmengen auch mehr Polyphenole in den Most gelangen. Zum anderen führt eine zusätzliche mechanische Belastung der Schalen, Kerne und Beeren durch die Entrappung zu einer Erhöhung der Polyphenole im Most. BENÍTEZ *et al.* (2005) fanden bei einem Verfahrensvergleich der Sherry-Produktion ebenfalls diese Erhöhung der Polyphenole durch einen zusätzlichen Entrappungsschritt. Signifikante Zusammenhänge dazu ließen sich aber nur bei der Korrelationsberechnung aller Traubenverarbeitungsversuche in den Jahren 2000 und 2001 (vgl. Kap. 3.5.4.1) finden. Dabei konnte sowohl für den Sedimentations- als auch für den Schleudertrub eine positive Korrelation zwischen den jeweiligen Mosttrubgehalten und der Summe der mittels HPLC bestimmten monomeren Polyphenole gefunden werden. Alle entrappten Varianten des in diesem Kapitel untersuchten Teilbereiches „Entrappung während der Vollernterlese“ zeigten demnach analog zu den höheren Trubgehalten um 15 bis 38 % höhere Gehalte in der Summe der mittels HPLC bestimmten Polyphenole. Auch die Gehalte an Flavan-3-olen waren durch die Entrappung beeinflusst und es konnte dabei eine Korrelation mit dem Sedimentationstrub gefunden werden. Wie in mehreren Studien bereits belegt ist (vgl. SIMON *et al.*, 1992; FERNÁNDEZ DE SIMON, HERNÁNDEZ und ESTRELLA, 1993; SOUQUET *et al.*, 2000) sind die Flavan-3-ole vorrangig in den Kernen und Rappen der Traube lokalisiert und werden somit durch die Vinifikationstechnik beeinflusst. Sie können folglich auch als Indikator für die mechanische Belastung des Lesegutes herangezogen werden. Dabei wurde der Einfluss des Gesundheitszustandes des Lesegutes auch hier deutlich, denn nur die Versuchsweine aus stark faulem Lesegut zeigten im Falle der Entrappung einen sehr starken Anstieg der Gehalte an Flavan-3-olen. Mit steigendem Fäulnisgrad nimmt die Notwendigkeit einer schonenden Traubenverarbeitung zu (vgl. SECKLER, 1997), denn durch Fäulnis geschädigte Trauben werden, wie oben bereits erläutert, während der Traubenverarbeitung stärker angegriffen und aufgrund der Weichheit der Beeren stärker vermust. Dadurch bedingte längere Kontaktzeiten

und stärkere Mazerationsvorgänge während der Traubenverarbeitung führen zu einem vermehrten Übergang der Flavan-3-ole, aber auch der Polyphenole allgemein, in den Most (vgl. SINGLETON und TROUSDALE, 1983; DARIAS-MARTIN *et al.*, 2000). Erwartungsgemäß brachte daher die Entrappung insgesamt in allen Versuchsansätzen, vor allem bei fäulnisbelastetem Lesegut, auch höhere Gehalte in der Summe der mittels HPLC bestimmten Polyphenole. Aufgrund des zusätzlichen technologischen Schrittes kam es im frühen Versuchsansatz im Jahr 2001 auf den ersten Blick ebenfalls zu einer Erhöhung der Summe der Polyphenole (HPLC), was auch in den Werten des Gesamtpolyphenolgehaltes nach *Folin-Ciocalteu* gefunden wurde. Bedingt durch den besseren Gesundheitszustand waren aber die Extraktionsvorgänge der weniger vermusten Maische geringer und führten nicht zu einer Erhöhung der Flavan-3-ole.

Bei genauer Betrachtung wurde festgestellt, dass die Erhöhung der Summe der monomeren Polyphenole (HPLC) vor allem durch den erhöhten Gehalt an Tyrosol begründet war. Das deckt sich mit den Erkenntnissen von ANDRADE *et al.* (1998), die am Beispiel von Portwein größere Unterschiede in der Summe der monomeren Polyphenole (HPLC) häufig nur auf Schwankungen im Tyrosolgehalt zurückführen konnten. Bei Tyrosol handelt es sich um ein Polyphenol, das die Hefe während der Gärung aus der Aminosäure Tyrosin bildet (vgl. SINGLETON und ESAU, 1969). In Untersuchungen von SINGLETON und TROUSDALE (1983) und VILLAÑO *et al.* (2006) zeigte sich, dass die Tyrosolgehalte nur indirekt über die Traubenverarbeitung beeinflusst werden. Zunächst lässt sich im Zusammenhang mit der Botrytisbelastung der Trauben erklären, dass durch den höheren Pilzbefall ein stärkerer Verbrauch an Aminosäuren allgemein und demnach auch Tyrosin bewirkt wird (vgl. DITTRICH 1989). Dies führt im Most somit zu einer Reduzierung der notwendigen Substrate der Hefe für die Bildung von Tyrosol. Darauf begründete sich auch das mehr als doppelt so hohe Niveau der Tyrosolwerte bei der frühen und wenig von *Botrytis cinerea* infizierten Variante in 2001 gegenüber den Werten der fäulnisbelasteten Varianten, die eher im Bereich der von NIKFARDJAM POUR *et al.* (2007) mit 18 mg/l bestimmten Durchschnittsgehalte an Tyrosol lagen. Zusätzlich zeigte sich der Tyrosolgehalt in der Versuchsserie 2001 VE I auch technologisch beeinflusst, da die entrappte Variante einen höheren Gehalt aufwies. Nach SECKLER (2000) bewirkt eine stärkere mechanische Belastung, bedingt durch einen damit verbundenen vermehrten Schalenkontakt auch eine Erhöhung der Aminosäuregehalte im Most. Damit ist aufgrund der höheren Substratmengen, d.h.

somit auch Tyrosin, eine stärkere Tyrosolbildung bei der entrappten Variante zu erklären, was sich mit den Ergebnissen von SINGLETON und TROUSDALE (1983) deckt. Allerdings scheint sich das nur bei höherer Aminosäure-Ausgangskonzentration im Most aus gesunden Trauben deutlich auf die späteren Weinwerte auszuwirken.

Die übrigen untersuchten Polyphenolgruppen (Resveratrole und Phenolcarbonsäuren) ließen ebenfalls eine Erhöhung ihrer Gehalte durch den Entrappungsschritt, vor allem bei den fäulnisbelasteten Varianten erkennen. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren dabei aber sehr gering und bewegten sich entweder im Bereich der Messfehlergrößen (vgl. Kap. 3.4.5) oder waren analog den Ergebnissen von LEE und JAWORSKI (1989) bzw. FULEKI und RICARDO-DA-SILVA (2003) eher auf Reife- und Jahrgangsschwankungen zurückzuführen. Durch die stärkere Fäulnis kam es, wie auch DARIAS-MARTIN *et al.* (2000) bei der spanischen Rebsorte Listán Blanco herausfanden, bei den Varianten 2000 VE und 2001 VE II aufgrund der erhöhten Extraktionsvorgänge der stärker vermusten Maische insgesamt zu höheren Phenolcarbonsäuregehalten. Die erhöhten Resveratrolgehalte, wie sie in der Variante 2001 VE II vorkamen, lassen sich gemäß den Ergebnissen von ROLDÁN *et al.* (2003) durch die stärkere Fäulnis der verwendeten Trauben erklären. Alle Gehalte der untersuchten Polyphenole der sechs Versuchsweine lagen in den von RITTER (1997) und NIKFARDJAM POUR (2001) für Rheingauer Riesling angegebenen Spannbreiten, wobei in den entrappten Varianten, besonders bei faulem Lesegut, die Gehalte an Flavan-3-olen im oberen Grenzbereich einzuordnen waren.

Die beschriebenen Zusammenhänge zwischen den Mosttrubwerten und der mechanischen Belastung anhand der Gehalte an Flavan-3-ole, konnten für den Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* im Wein mit $r=0,407$ nur tendenziell, d.h. bei einer Signifikanz von $p \leq 0,10$, und lediglich bei der versuchsübergreifenden Verfahrensbetrachtung gefunden werden. Bei der Beurteilung sehr enger Teilbereiche der Traubenverarbeitung im Weißwein scheint der Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* zu ungenau. Signifikante Unterschiede durch den Einfluss eines zusätzlichen Entrappungsschrittes im Weißwein waren daher anhand dieses Analysenparameters nicht nachweisbar. Durch die weiterführenden HPLC-Analysen und durch die versuchsübergreifenden Korrelationsberechnungen über alle untersuchten Traubenverarbeitungsvarianten (vgl. Kap. 4.1.5) konnten die tendenziellen Ergebnisse der Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* und auch

die in der Einzelbetrachtung gefundenen Korrelationen aber übereinstimmend ergänzt und größtenteils bestätigt werden.

5.1.2 Farbveränderungen in Rieslingweinen durch die Entrappung während der Vollernterlese

Bei der Betrachtung der Farbe zeigte sich ein zunächst widersprüchliches Ergebnis, da das Bräunungsverhalten von Weißwein nach LEE und JAWORSKI (1989) normalerweise in sehr engem Zusammenhang mit den Gehalten an Flavan-3-olen und somit auch mit der mechanischen Belastung während der Traubenverarbeitung steht. Es wurden im Gegenteil aber gerade in beiden Jahrgängen bei dem stark fäulnisbelasteten Lesegut die Varianten ohne Entrappung, d.h. mit geringerer mechanischer Belastung, von den Verkostern als farbstärker beurteilt und zeigten auch um 3-5 % höhere Extinktionen bei 420 nm. Zu erwarten wäre allerdings, verbunden mit den höheren Gehalten an Flavan-3-olen, ein umgekehrtes Farbverhalten der Weine, wie es bei der mittleren Variante aus weitgehend gesundem Lesegut der Fall war. Erklären lässt sich dieses gegensätzliche Ergebnis damit, dass bei der Vollernterlese ein höherer Sauerstoffeintrag und somit eine stärkere Oxidation des Lesegutes erfolgt. Nach DARIAS-MARTIN *et al.* (2000) weisen Weißweine mit einem längeren oder intensiveren Schalenkontakt eher eine Neigung zur Bräunung auf. Bei den nicht entrappten Varianten standen dabei noch die Bruchstücke des Stilgerüsts, die nach SOUQUET *et al.* (2000) besonders hohe Gehalte an Flavan-3-olen aufweisen, als Oxidationspartner zur Verfügung. Bei einer hohen Fäulnisbelastung ist demnach davon auszugehen, dass aufgrund des stark aufgeschlossenen Lesegutes ein höheres Potential an braunen Pigmenten vorhanden war. Diese braunen Pigmente gingen in den Most über und blieben, bedingt durch ihr besseres Lösungsverhalten im alkoholischen Medium, auch im späteren Wein gut erhalten. Somit bewirkten sie die erhöhte Braunfärbung der Weine aus nicht entrapptem Lesegut. Diese Argumentation wird durch die gleichen Beobachtungen von SCHNEIDER (1989) bei der Untersuchung der Polyphenole während der Alterung von rheinhessischen Weißweinen unterstützt. Der durch die Maschinenlese bedingte längere Kontakt der teilweise beschädigten Trauben mit den „durchoxidierten“ Rappen begünstigte ebenfalls die Auslaugung der Farbpigmente. Ein vergleichbares Bräunungsverhalten wurde auch in den

Verkostungen der beiden Serien (2000 VE und 2001 VE II) festgestellt und untermauert die teilweise auch nur geringen Unterschiede in der Extinktionsmessung bei 420 nm. Bei gesundem Lesegut schien dieser Übergang aus den Rappen in den Most durch das intaktere und weniger aufgeschlossene Traubenmaterial nicht gegeben gewesen zu sein. So konnte bei der gesunden 2001er Variante (2001 VE I) passend zum höheren Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* bei der entrappten Variante eine stärkere Braunfärbung gemessen werden, die sich aber nicht in erhöhten Flavan-3-ol-Gehalten widerspiegelte und auch nicht von den Verkostern wahrgenommen wurde.

5.1.3 Korrelation zwischen der Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappung und der sensorischen Weinqualität bei der Rebsorte Riesling

Durch die technologische Auswirkung auf die Polyphenolgehalte, war auch eine Veränderung der sensorischen Qualität in den unterschiedlich verarbeiteten Versuchswainen zu erwarten. Die Trubwerte (Sedimentations- und Schleudertrub) korrelierten beide negativ mit dem Gesamturteil und der Sedimentationstrub korrelierte sogar auch negativ mit der Geruchsqualität. Ferner zeigte sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Summe der monomeren Polyphenole (HPLC) und dem Gesamturteil der Weine, was sich konkret in einer Verstärkung der Attribute „grüner Apfel“ und auch „frisches Gras“ durch vor allem höhere Gehalte an Flavan-3-olen äußerte. Dies wiederum bewirkte in den Versuchswainen eine allgemein schlechtere Geruchsqualität, die von den Verkostern mit weniger Fruchtigkeit in der Nase bewertet wurde. SILIANI *et al.* (2006) konnten im Olivenöl höhere Werte der Summe mittels HPLC bestimmter Polyphenole mit einer Zunahme der Bitterkeit in Verbindung bringen. THORNGATE und NOBLE (1995) fanden heraus, dass insbesondere erhöhte Gehalte an Flavan-3-olen im Wein die Gerbigkeit, d.h. die Bitterkeit und Adstringens, verstärken können, wobei ROBICHAUD und NOBLE (1990) bereits bei Gehalten ab 15 mg/l diese negative Geschmacksbeeinflussung feststellten. RITTER (1997) konnte zeigen, dass die Gehalte an Flavan-3-olen in Rheingauer Riesling zwar im Durchschnitt unter den von ihm ermittelten Geschmacksschwellenwerten lagen, aber dass erhöhte Gehalte dieser Polyphenolgruppe dennoch eine bittere Komponente in der sensorischen Gesamtbewertung bewirken können. Das erklärt auch den

Zusammenhang zwischen den hohen Flavan-3-ol-Gehalten und dem schlechteren Gesamturteil bei den entrappten Varianten. Dabei ist auch die Höhe des Alkoholgehaltes in den jeweiligen Weinen entscheidend, denn mit steigendem Alkoholgehalt erhöht sich die Bitterkeit der Flavan-3-ole (vgl. FISCHER und NOBLE, 1994) und die Geschmacksschwellenwerte einzelner polyphenolischer Substanzen müssen folglich bei jedem Versuchswein im Kontext der Matrix bewertet werden. In den fäulnisbelasteten Versuchsserien (2000 VE und 2001 VE II) war demnach analog zu den technologisch bedingt höheren Gehalten an Flavan-3-olen auch eine schlechtere sensorische Bewertungen der Weine festzustellen. In beiden Serien bewirkte der Entrappungsschritt eine Verschlechterung der Geruchsqualität, die sich, wie oben beschrieben, in weniger Frucht und in stärkeren grasigen und grünen Noten im Geruch äußerte. LUND *et al.* (2009) fanden heraus, dass durch den Einfluss von erhöhten Catechingehalten im Wein, und dies bereits ab 12 mg/l, die Geruchsschwellenwerte flüchtiger Aromakomponenten erhöht werden können. Bei den entrappten Varianten wurden in den Versuchsweinen sogar Gehalte an Flavan-3-olen von über 14 mg/l gefunden, was somit die Reduzierung der Fruchtigkeit im Geruch durch steigende Gehalte an monomeren Polyphenolen (HPLC) erklärt und mit einer signifikant negativen Korrelation auch statistisch bestätigt wurde.

5.2 Einfluss unterschiedlicher Mostvorklarungsverfahren auf die Weinqualität von Rheingauer Rieslingweinen

5.2.1 Veränderung der Resttrub- und Polyphenolgehalte in Rieslingmosten bzw. -weinen durch verschiedene Mostvorklarungsverfahren

In allen untersuchten Vorklarungsverfahren konnte trotz der Unterschiede im Zustand des Lesegutes der von SECKLER, JUNG und FREUND (2000) angegebene maximal tolerierbare Resttrubgehalt von 0,6 %w/w unterschritten werden, d.h. die Vorkläroleistung war zufriedenstellend. Durch den schlechteren Gesundheitszustand wurde in den Versuchsserien 2000 I und 2001 I durch die vorausgegangene Traubenverarbeitung gegenüber der Versuchsserie aus weniger infiziertem Lesegut ein um mehr als 0,5 % höherer Ausgangstrub in den Kontrollvarianten verursacht. Wie bereits in Kap. 5.1 beschrieben, ist fäulnisbelastetes Lesegut aufgrund der höheren Weichheit der Beeren durch die Einwirkung des pilzeigenen Enzymsystems (vgl. DITTRICH, 1989) empfindlicher gegenüber mechanischen Belastungen und es bildete sich daher analog zu den Ergebnissen von SECKLER (1997) mehr Trub als bei der Verarbeitung von gesunden Trauben. Dies spiegelte sich auch in den höheren Gehalten an Flavan-3-olen in der Versuchsserie 2001 I wider, was gemäß den Untersuchungen von DARIAS-MARTIN *et al.* (2000) insbesondere auf die stärkeren Mazerationsvorgänge bei der Verarbeitung von faulem Lesegut zurückzuführen ist. Innerhalb der Serien waren bei allen Vorklärvorvarianten die Gehalte an Flavan-3-olen allerdings konstant, d.h. eine Beeinflussung durch die verschiedenen Vorklärvorverfahren war nicht gegeben.

Die Weine, die mittels Sedimentation vorgeklärt wurden, zeigten im Vergleich zur Kontrollvariante keine Reduzierung der Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu*, was auf den geringen Luftkontakt dieses Verfahrens, vergleichbar mit einer nicht durchgeführten Mostvorklärung, zurückzuführen war. Die Flotation wies dagegen die stärkste Reduzierung der Polyphenolgehalte (20-50 % gegenüber der Kontrollvariante) auf, dazwischen lagen die Separation und der Drehfilter, die annähernd gleiche Werte zeigten. Bedingt durch die starke Oxidation bei dem Verfahren der Flotation hatte diese in den Versuchsansätzen 2000 I und 2001 I einen deutlich niedrigeren Folingehalt im Vergleich zu den übrigen Vorklärvorverfahren, wie er auch schon von BREIER und WEIAND (2001) und NIKFARDJAM POUR (2001) beschrieben wurde. Sowohl die

Drehfiltration als auch die Separation, besonders bei reduzierter Durchlaufleistung verursachten analog zu den Ergebnissen von SECKLER, JUNG und FREUND (2000) und PETGEN (2001) ebenfalls eine deutliche Sauerstoffaufnahme des Mostes. Im Vergleich aller Mostvorklärungsverfahren konnte demnach die Reduzierung der Folinegehalte in den Weinen in etwa mit der unterschiedlichen Stärke des während der Vorklärung ausgesetzten Luftkontaktes in Verbindung gebracht werden. So zeigten auch die Drehfiltration und die Separation eine entsprechende Reduzierung des Gesamtpolyphenolgehaltes, nicht so stark wie die Flotation, aber deutlich stärker als die Sedimentation und die Kontrollvariante. Die Reduzierung der Phenolcarbonsäuregehalte spiegelte vor allem im Jahr 2001 die gleiche Tendenz innerhalb der verglichenen Verfahren der Versuchsserien wider. Das bedeutet, dass analog zu den Gesamtpolyphenolgehalten nach *Folin-Ciocalteu* auch die Phenolcarbonsäuren im Verhältnis zu den verfahrensbedingt zugeführten Sauerstoffmengen reduziert wurden. CHEYNIER, OSSE und RIGAUD (1988) belegen in ihren Untersuchungen, dass die Phenolcarbonsäuren eine zentrale Rolle bei der Oxidation von Weinen spielen und aufgrund ihrer Funktion als Reaktionsinduktoren im Vergleich zu den Flavonoiden vorrangig bzw. schneller oxidiert werden. Im Verfahrenvergleich war daher eine von dem jeweils verfahrensbedingten Sauerstoffeintrag abhängige Reduzierung der Nichtflavonoide nachvollziehbar. Anhand der Phenolcarbonsäuregehalte ließen sich auch im monomeren Polyphenolbereich Unterschiede zwischen den Verfahren erkennen. NIKFARDJAM POUR (2001) fand in seinen Untersuchungen ebenfalls eine deutliche Abnahme der Phenolcarbonsäuren durch den Sauerstoffeintrag bei der Mostvorklärung. Bei faulem Lesegut schien die Verminderung der Polyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* durch den Sauerstoff stärker zu sein, denn nur in den Versuchsserien aus fäulnisbelasteten Trauben waren die reduzierten Polyphenolgehalte der Flotation zu beobachten. Dies kann durch die stärkere Enzymaktivität der Laccase im Most aus faulem Lesegut erklärt werden. Nach MÜLLER-SPÄTH (1977) und SAPIS, MACHEIX und CORDONNIER (1983) ist die Oxidation der Polyphenole verbunden mit einer Polymerisation zu höhermolekularen polyphenolischen Verbindungen, die leichter ausfallen, in solchen Mosten aus faulen Trauben stärker. In den Varianten aus gesünderen Trauben waren im Wein dagegen keine Unterschiede im Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* zu finden, was dafür spricht, dass der durch die Vorklärverfahren eingebrachte Sauerstoff dort im

höhermolekularen Bereich keine Reduzierungen der Polyphenolgehalte bewirkte. Die Gehalte der monomeren Phenolcarbonsäuren wurden allerdings auch in den Vorklärversuchen aus gesundem Lesegut durch die Einwirkung des Sauerstoffes reduziert. Das bedeutet, dass die Oxidation auch im Most aus gesunden Trauben einen Einfluss hatte. Wegen der geringeren Polyphenoloxidaseaktivität bei weniger von *Botrytis cinerea* infiziertem Lesegut und des damit verbundenen geringeren Polymerisationsgrades der Polyphenole kam es aber zu keiner Reduzierung der Folinegehalte durch eine Ausfällung der oxidierten hochpolymerisierten Verbindungen. Die Werte der Summe der mittels HPLC bestimmten monomeren Polyphenole zeigten in diesem Verfahrenvergleich keine eindeutig verfahrensbedingten Unterschiede. Das lag daran, dass gerade bei der Betrachtung von Oxidationsvorgängen sich die technologische Beeinflussung der Polyphenolgehalte vor allem im höhermolekularen Bereich abspielt und daher von der HPLC-Analytik nicht erfasst werden. Das stellte auch RITTER (1997) in seinen Untersuchungen zur Mostoxidation von Rheingauer Riesling fest. STERN (1968) fand in diesem Zusammenhang heraus, dass bei der Oxidation häufig der Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* stärker abnimmt, als die Summe der monomeren Polyphenole (HPLC) und zwischen beiden Werten sich üblicherweise eine schlechte Korrelation zeigt. Dies erklärt, warum die in dieser Arbeit gefundenen oxidationsbedingten Reduzierungen der Gesamtpolyphenolgehalte durch die verschiedenen Vorklärverfahren in der Summe der monomeren Polyphenole (HPLC) nicht gefunden wurden.

5.2.2 Beeinflussung der Farbe von Rieslingweinen durch die Art der Mostvorklärung

Die von den Verkostern durchgeführte Farbbewertung korrelierte mit dem Folinegehalt im Wein. Mit der objektiv gemessenen Extinktion bei 420 nm konnte dagegen weder mit den Polyphenolgehalten noch mit der sensorischen Farbbewertung eine Korrelation gefunden werden, was bei der relativ kleinen Stichprobenzahl des in diesem Kapitel untersuchten Themenbereiches auch an dem gegensätzlichen Farbverhalten der Weine aus dem Versuchsansatz 2000 II lag.

Bei der Extinktionsmessung brachte die Flotation in 2000 II im Gegensatz zu den beiden anderen Versuchsserien eine Farberhöhung, die auch von den Verkostern, vor

allem gegenüber der Kontrolle erkannt wurde. Eine Erklärung dafür lässt sich durch den deutlich geringeren Fäulnisgrad der Trauben bei dieser Variante finden. In weitgehend gesundem Traubenmaterial, wie es im Versuchsansatz 2000 II der Fall war, wird die natürliche Tyrosinaseaktivität für gewöhnlich durch die Schwefelung gehemmt (vgl. SINGLETON, 1987). Die wesentlich aktivere und nicht durch die Schwefelung gehemmte Laccase (Polyphenoloxidase) kommt dagegen nur bei botrytisbelastetem Lesegut vor (vgl. MÜLLER-SPÄTH, 1977). Durch die geringere Polyphenoloxidaseaktivität bei gutem Gesundheitszustand der Trauben war die Bildung der für die oxidative Polymerisation wichtigen Zwischenstufe der Chinone trotz eines hohen Sauerstoffeintrags vermindert. Es fielen daher weniger polymerisierte Polyphenole aus und verblieben stattdessen als braune Pigmente im Wein. Die Gesamtpolyphenolgehalte nach *Folin-Ciocalteu* bestätigten diese These, denn im Vergleich zu den beiden anderen Versuchsserien kam es in 2000 II trotz höherer Sauerstoffmengen bei der Flotation zu keiner Abnahme der Polyphenole im Wein. Auch SAPIS, MACHEIX und CORDONNIER (1983) und SCHNEIDER (1988) stellten in diesem Zusammenhang fest, dass eine Ausfällung der oxidierten Polyphenole erst ab einer bestimmten Molekülgröße bzw. einem bestimmten Polymerisationsgrad auftritt. Die Bewertung der Flotation mit deutlich gerbigeren Noten gegenüber beispielsweise der Kontrolle sprach ebenfalls für erhöhte Gehalte an polymerisierten Polyphenolen, da die Gerbigkeit, bedingt durch die adstringierenden Eigenschaften der Polyphenole, im Weißwein durch die Oxidation verstärkt wird (vgl. PELEG *et al.*, 1999). Die beiden übrigen Versuchsansätze mit vergleichbarem Fäulnisgrad (2000 I und 2001 I) verhielten sich bei der Farbausprägung erwartungsgemäß. Die durch Flotation vorgeklärten Weine zeigten sich in beiden Fällen in Korrelation zu der Polyphenolminderung als weniger braun, wobei dies nur in 2000 I signifikant von den Verkostern in der Reihenfolge analog der Extinktionsmessungen wahrgenommen wurde. CHEYNIER *et al.* (1989) fanden ebenfalls heraus, dass eine kräftige Mostoxidation, welche mit der Flotation mit Luft vergleichbar ist, die spätere Bräunungsneigung reduziert. In 2001 I zeigte die Verkostung der Mostvorklärungsvarianten für die Flotation die gleiche Tendenz wie im Vorjahr. Die übrigen Mostvorklärungsvarianten lagen innerhalb der Versuchsserien in beiden Jahren jeweils auf sehr ähnlichem Niveau und unterschieden sich in ihren Extinktionswerten und in der Sensorik nur minimal.

5.2.3 Korrelation zwischen der sensorischen Qualität und der Art der Mostvorklärung bei Rheingauer Rieslingweinen

Obwohl alle Vorklärvarianten den in der Literatur vorgegebenen Richtwert von 0,6 %w/w erfüllt hatten, zeigten die Ergebnisse, wie auch schon SCHNEIDER (2002b) feststellte, dass die Vorklärung über diesen Wert hinaus noch weiteres Verbesserungspotential bei der sensorischen Qualität der Weine durch einen möglichst niedrigen Resttrub- bzw. Tyrosolgehalt ermöglicht. Die Befürchtungen von Gärstörungen aufgrund einer zu starken Vorklärung konnten in dieser Arbeit nicht festgestellt werden und decken sich, bei nicht zu geringer Gärtemperatur, mit den Erkenntnissen verschiedener Autoren (vgl. FERNANDO, GÜELL und LOPEZ, 1989; AYESTARÁN *et al.*, 1996; GÖSSINGER, 1999; FISCHER 2000). In den Verkostungsergebnissen der Versuchsweine konnte der bereits in der Literatur gefundene Zusammenhang zwischen dem Resttrubgehalt und der Weinqualität (vgl. WILLIAMS, OUGH und BERG, 1978; SECKLER, JUNG und FREUND, 2000) bei den sensorischen Attributen Reintönigkeit, Gesamturteil, Geschmacks- und Geruchsqualität und auch bei den gerbigen Noten statistisch abgesichert werden. Je mehr Resttrub vorhanden war, desto schlechter wurden die Weine bewertet und desto gerbiger wurden sie auch eingestuft. Für den Folinegehalt sowohl im Most als auch im Wein und ebenfalls für die Summe der mittels HPLC bestimmten Polyphenole konnte dieser Zusammenhang nicht gefunden werden. In allen drei Ansätzen schnitt die Kontrolle am schlechtesten ab, was sich vor allem in einer fehlenden Reintönigkeit, einer reduzierten Fruchtigkeit im Geruch und in der Folge in einer schlechten Bewertung des Gesamturteils äußerte. Im Zusammenhang mit den höheren Resttrubgehalten und in Verbindung mit den gefundenen negativen Korrelationen zur Sensorik war dies zu erwarten. Die Vorklärverfahren der Separation und auch die Drehfiltration bekamen in allen drei Serien die besten sensorischen Bewertungen und auch in den stark fäulnisbelasteten Varianten 2000 II und 2001 I konnten sie durch eine gute Qualität in den hergestellten Versuchsweinen überzeugen. FERNANDO, GÜELL und LOPEZ (1988) bezeichneten diese Verfahren aufgrund ihres verfahrensbedingt relativ kurzen Kontaktes mit den Trubstoffen als geeignet für eine effiziente Vorklärung von Most aus faulem Lesegut, was sich durch die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigte. In Jahrgängen mit starken Fäulnisproblemen büßte die Sedimentation, bedingt durch den längeren Trubkontakt,

an Qualität ein und wies, vergleichbar mit der Kontrolle, ebenfalls eine fehlende Reintönigkeit und Frucht im Geruch auf. Eine vergleichbare Beobachtung über die negative Wirkung eines zu langen Trubkontaktes auf die sensorische Qualität stellten auch WILLIAMS, OUGH und BERG (1978) fest. Aber auch die Flotation schnitt bei der Vorklärung von Mosten aus faulem Lesegut in beiden Versuchsjahren schlecht ab. Dies erklärt sich durch die sehr starke Polyphenolreduzierung von mehr als 100 mg/l, die diese Versuchsweine, trotz des bei faulem Lesegut vorteilhaften kurzen Trubkontaktes der Flotation, in ihrer sensorischen Qualität deutlich verschlechterte. Durch die Verwendung von Stickstoff anstelle von Luft zur Flotation von Most aus fäulnisbelasteten Trauben kann diese nachteilige Polyphenolreduktion vermieden werden (vgl. SECKLER, JUNG und FREUND, 2000). In der Versuchsserie aus weitestgehend gesundem Lesegut konnten die Sedimentation und auch die Flotation, letztere zeigte in diesem Fall auch keine starke Reduzierung der Polyphenole, dagegen eine gute sensorische Beurteilung erzielen.

Die sehr eindeutige Korrelation zwischen dem Tyrosolgehalt und dem Resttrubgehalt bestätigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen einem Mostparameter, als Bezugsgröße für die spätere Weinqualität, und einem polyphenolischen Weininhaltsstoff. Mit der Reduzierung des Resttrubs wurde auch der Tyrosolgehalt in den Weinen reduziert. Tyrosol wird von der Hefe während der Gärung aus der Aminosäure Tyrosin gebildet (vgl. SINGLETON und ESAU, 1969). Je stärker die Moste vorgeklärt wurden, desto weniger Trubstoffe verblieben im Most. Dabei stellten AYESTARÁN *et al.* (1995) und CHRISTMANN *et al.* (2005) fest, dass bei geringen Resttrubgehalten auch weniger Aminosäuren und somit auch weniger Tyrosin im Most verbleiben. Die geringeren Tyrosolgehalte in den Weinen aus stärker vorgeklärten Mosten können somit erklärt werden. Nach CHRISTMANN *et al.* (2005) wirkt sich der Grad der Vorklärung bei Rheingauer Riesling außerdem auch indirekt auf den Aminosäurestoffwechsel der Hefe aus. So bewirkt eine geringere Vorklärung eine größere innere Oberfläche und somit eine schnellere Gärung verbunden mit einem stärkeren Biomasseaufbau (vgl. SECKLER, JUNG und FREUND, 2000). Dies hat wiederum eine höhere Verstoffwechslung der Aminosäuren durch die Hefe zur Folge und erklärt warum bei schlechterer Vorklärung aus den höheren Aminosäuregehalten im Most mehr Tyrosol gebildet wird. Die Flotation und die Kontrolle zeigten in beiden untersuchten Versuchsjahren die höchsten Tyrosolgehalte. Insgesamt lagen die Tyrosolgehalte in den von RITTER

(1997) und NIKFARDJAM POUR (2001) ermittelten Schwankungsbreiten für Rheingauer Riesling. Die Niveauunterschiede zwischen den Jahrgängen lassen sich nach PUIG-DEU *et al.* (1996) durch die unterschiedlichen Ausgangstrubgehalte und damit verbundenen Aminosäuregehalten der Moste erklären. Die von NIKFARDJAM POUR (2001) argumentierte oxidative Reduzierung der Tyrosolgehalte in Abhängigkeit vom Sauerstoffeintrag während der Vinifikation konnte in den Versuchen dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Gerade bei der Flotation und der Drehfiltration, den Vorklärvarianten mit den höchsten Sauerstoffeinträgen und auch den damit verbundenen deutlichsten Reduzierungen der Polyphenole, zeigten die Tyrosolgehalte im Vergleich zur Kontrolle und auch zu den übrigen Vorklärvarianten die geringste Abnahme.

Als logische Folge der beiden festgestellten sehr guten Korrelationen zwischen dem Resttrubgehalt und dem Tyrosolgehalt bzw. dem Resttrubgehalt und der sensorischen Weinqualität lag auch ein direkter Zusammenhang zwischen dem Tyrosolgehalt und der Sensorik nahe. So ergab die Korrelationsrechnung signifikante Zusammenhänge zwischen dem Tyrosolgehalt und den sensorischen Attributen Reintönigkeit, Geruchs- und Geschmacksqualität sowie dem Gesamturteil. In der Folge dieser statistischen Zusammenhänge kann abgeleitet werden, dass je mehr Resttrub die vorgeklärten Moste aufwiesen, desto mehr Tyrosol befand sich im späteren Wein und desto schlechter waren die sensorischen Bewertungen der Weine. Erhöhte Tyrosolgehalte konnten folglich direkt mit einer schlechteren Weinsensorik in Verbindung gebracht werden. Nach RAPP (1996) zählt das Tyrosol zu den flüchtigen Polyphenolen, so dass sich eine negative Beeinflussung des Weinaromas durch diese Substanz erklärt. KECK (1989) berichtet von einem wachsartigen und phenolischen Geruch, der zur negativen Maskierung des Aromas führt. DREWS, SPECHT und SCHWARTZ (1965) schreiben dem Tyrosol außerdem einen bitteren Geschmack zu. Eine Korrelation des Tyrosolgehaltes mit dem sensorischen Attribut „gerbig“ war daher zu erwarten. Mit dem Tyrosolgehalt konnte folglich neben dem Resttrub- und Gesamtpolyphenolgehalt noch ein weiterer Parameter zur Beurteilung von Vorklärverfahren aufgezeigt werden. Aber nicht nur der Tyrosol- bzw. Resttrubgehalt für sich allein betrachtet, sondern auch die verfahrensbedingte Trubkontaktzeit, gerade bei mit Fäulnis infiziertem Lesegut, spielte eine wichtige Rolle bei der Bewertung von Vorklärverfahren im Bezug auf die Weinqualität.

5.3 Einfluss der Maischegärung und der Maischeerhitzung sowie deren Kombination auf die Qualität von Weinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc aus dem Rheingau

5.3.1 Beeinflussung der Polyphenolgehalte durch die unterschiedlichen Rotweininifikationsverfahren

Im Vergleich der drei Rotweininifikationsverfahren brachte die Kombinationsvariante aus Maischegärung und Maischeerhitzung sowohl im Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* als auch in den Gehalten an Flavonoiden, unabhängig vom Jahrgang oder der Rebsorte, immer die höchsten Gehalte innerhalb der jeweiligen Versuchsserie hervor. Die Maischegärung und die Maischeerhitzung zeigten insgesamt signifikant niedrigere Polyphenolgehalte als die Kombinationsvariante, wobei jedoch keine eindeutige Tendenz zwischen diesen beiden Rotweinverfahren erkannt werden konnte. Während die Weine der Maischeerhitzung im Jahrgangvergleich annähernd gleiche Gesamtpolyphenol- und Flavonoidgehalte hatten, wurden bei den Weinen der Maischegärung mal höhere und mal niedrigere Werte als die Maischeerhitzung gemessen. So zeigte beispielsweise die Maischegärung bei der Prozesskontrolle in 2001 während der Gärung eine stärkere Extraktion der Polyphenolgehalte als im Vorjahr. Es ist zu vermuten, dass abgesehen von der von MAZZA *et al.* (1999) beschriebenen Differenz in den Polyphenolgehalten durch Reifeunterschiede auch durch die mechanische Belastung beim Unterstoßen der Maische eine zusätzliche Beeinflussung der Polyphenolgehalte erfolgte. Eine derartige Beeinflussung konnten auch FISCHER, STRASSER und GUTZLER (2000) bei der Verarbeitung von deutschen Rotweitrauben feststellen. Die Gehalte an Nichtflavonoiden waren bei der Variante der Maischeerhitzung dagegen unabhängig von Jahrgang und Rebsorte immer signifikant am höchsten. Dabei bewirkte vor allem die thermische Behandlung der Trauben die Freisetzung der Phenolcarbonsäuren aus den durch die Erhitzung aufgeplatzten Zellen der Schalen, was sich mit den Ergebnissen von SIMON *et al.* (1992) deckt. Das frühzeitige Abpressen der Trauben in Verbindung mit der Erhitzung, die nach CHEYNIER *et al.* (1989) eine Inaktivierung der Polyphenoloxidasen bewirkt, führte außerdem, bedingt durch die somit geringere Oxidationsbelastung, zu den typischerweise höheren Gehalten an Phenolcarbonsäuren bei der Maischeerhitzung. Für die mittels HPLC bestimmten Gehalte an monomeren Phenolcarbonsäuren war

allerdings nur bei den Weinen der Rebsorte Cabernet Franc eine zu den oben beschriebenen Flavonoidgehalten passende Verteilung zu erkennen.

Die Weine der Maischeerhitzung zeigten in beiden Jahrgängen und bei beiden Rebsorten immer signifikant niedrigere Gehalte an gerbenden Polyphenolen als die Weine der beiden übrigen Verfahren, die sich wiederum untereinander auf dem gleichen Niveau bewegten. Beim Spätburgunder war der Unterschied zwischen den Varianten nicht so stark ausgeprägt wie beim Cabernet Franc, was mit den von KLUMPP *et al.* (2007) beschriebenen höheren Ausgangscatechingehalten in den Weinen der Rebsorte Spätburgunder erklärt werden kann. Der längere Schalenkontakt der Maischegärung extrahiert erwiesenermaßen im Zusammenhang mit der Alkoholbildung mehr Flavan-3-ole und Procyanidine aus den Kernen und Schalen der Beere (vgl. KOVAC *et al.*, 1992, WATSON *et al.*, 1996) und bewirkt somit eine höhere Aufnahme an gerbenden Polyphenolen bei diesem Verfahren und auch bei der Kombinationsvariante.

Bei den mittels HPLC bestimmten monomeren Anthocyanen, Flavan-3-olen und auch bei der Summe der monomeren Polyphenole zeigten sich analog zu den Summenparametern auf Basis der Methode nach *Folin-Ciocalteu* die Kombinationsvarianten mit den höchsten Gehalten. Die Maischegärung zeigte die niedrigsten Gehalte und die Maischeerhitzung nahm die mittlere Position ein. Bezüglich der Anthocyanengehalte bewirkte vor allem die thermische Extraktion eine Erhöhung der Gehalte, wie auch FISCHER (1997c) in seinen Untersuchungen zum Einfluss der Gärtemperatur bei der Rebsorte Spätburgunder herausfand. Bei der Gruppe der Flavan-3-ole und auch bei den Resveratrolen hatte die Erhitzung ebenfalls einen steigernden Effekt gegenüber der Maischegärung, was auch durch die gleichen Ergebnisse des von AUW *et al.* (1996) an verschiedenen Rebsorten durchgeführten Vergleichs (Maischegärung versus Maischeerhitzung) bestätigt wurde. Vor allem durch die Kombination der Verfahren konnten die Gehalte beider Gruppen noch darüber hinaus erhöht werden. Diese steigernde Wirkung der thermischen Verfahren in Kombination mit der alkoholischen Extraktion der anschließenden Maischegärung zeigte sich auch sehr anschaulich bei der Analyse der Einzelprozessschritte bei der Rebsorte Spätburgunder (vgl. Kap. 4.3.2).

Die Gärung bei höheren Temperaturen, wie es bei der Kombinationsvariante aufgrund der vorausgegangenen Maischeerhitzung der Fall war, förderte nach GAO *et al.* (1997)

insbesondere die Polymerisation der Anthocyane und führte daher zu einer besseren Farbstabilität dieser Varianten. Die Maischeerhitzung verlor dagegen während der Gärung des abgepressten Mostes deutlich an Polyphenolen und konnte trotz vergleichbarer Ausgangsgehalte am Ende nur geringfügig höhere Gehalte als die Maischegärung aufweisen. Dieser Verlust, vor allem an Anthocyanen, schien analog zu den Ergebnissen von KOVAC, ALONSO und ROVILLA (1995) durch ein Fehlen von farblosen Polyphenolen als Copigmentierungspartner für eine ausreichende Stabilisierung der Farbstoffe begründet gewesen zu sein. Auch die deutliche Abnahme der Antioxidativen Kapazität der Maischeerhitzung in diesem Stadium des Weinausbaus spiegelte diesen Anthocyanverlust wider. Die Analysen der TEAC-Werte zeigten in ihren Ergebnissen mit einem hoch signifikanten Korrelationskoeffizienten von $r=0,732^{**}$ eine parallele Entwicklung zu den dargestellten Gesamtpolyphenolgehalten, was die von NIKFARDJAM POUR (2001) und VILLAÑO *et al.* (2006) bereits festgestellte direkte Korrelation der beiden Analysenparameter auch in diesem Versuch bestätigte. Die Kombinationsvariante zeigte dabei in allen vier Versuchsansätzen, analog zu den höchsten Gesamtpolyphenolgehalten, immer die höchste Antioxidative Kapazität, was sich auch deutlich in den Einzelergebnissen (vgl. Kap. 4.3.1) zeigte und bereits von NETZEL *et al.* (2003) festgestellt wurde.

5.3.2 Beeinflussung der Rotweinfarbe durch die unterschiedliche Rotweinvinifikationsart

Die Kombination der Maischeerhitzung mit einer anschließenden Maischegärung wies, analog zu den Ergebnissen von GIRARD *et al.* (1997), in allen untersuchten Wellenlängenbereichen immer die höchsten Extinktionen auf und brachte im Vergleich zur einfachen Maischeerhitzung eine deutliche Steigerung der Farbintensität. Die Maischegärung zeigte dagegen die geringste Farbausprägung, während die Maischeerhitzung sich in der Mitte positionierte. KOVAC, ALSONO und ROVILLA (1995) erzielten durch den Zusatz von Traubenkernen als Quelle farbloser Polyphenole eine verbesserte Farbstabilisierung und eine stärkere Farbintensität. Die stärkere Extraktion einerseits der Anthocyane aber vor allem der farblosen Polyphenole in der Kombinationsvariante förderte die Copigmentierung und bewirkte daher in allen Versuchsserien eine bessere Farbintensität bzw. Farbstabilität dieser Vinifikations-

variante gegenüber den beiden anderen untersuchten Verfahren der Maischegärung und der Maischeerhitzung. Im Vergleich der Prozessschritte beim Spätburgunder zeigte sich bei der Maischeerhitzung im Verlauf der Vinifikation eine deutliche Abnahme an monomeren Anthocyanen, wie sie auch von GARCÍA-MARINO *et al.* (2009) in verschiedenen Rotweinvinifikationsvarianten bei der spanischen Rebsorte Tempranillo gefunden wurde. Diese Abnahme war nicht durch eine voranschreitende Polymerisation erklärbar, sondern auf einen Ausfall der Farbmoleküle zurückzuführen. Das bestätigte auch der abgesunkene Gesamtpolyphenolgehalt. Bei der Maischeerhitzung wurden nur geringe Mengen an farblosen Polyphenolen als Copigmentierungspartner aus den Trauben extrahiert, d.h. die farbstabilisierenden Polymerisationsreaktionen konnten, wie KOVAC *et al.* (1992) beschreiben, nur langsam ablaufen. Bis zum Abpressvorgang war daher keine ausreichende Farbstabilisierung möglich. In den Kombinationsvarianten gab es dagegen aufgrund der thermischen Extraktion ausreichend Farbpigmente und durch die alkoholische Extraktion der Schalen und Kerne auch genügend farblose Polyphenole (vgl. KOVAC *et al.*, 1992; SUN *et al.*, 2001). Die erhitzten Varianten verfügten aufgrund der besseren Löslichkeit der Anthocyane in der Wärme (vgl. GAO *et al.*, 1997; SCHNEIDER, 1997) generell über eine bessere Farbextraktion gegenüber dem Verfahren der Maischegärung. Das war ebenfalls anhand der Anthocyanbestimmung in der Prozesskontrolle (vgl. Kap. 4.3.2) bei der Rebsorte Spätburgunder zu erkennen, denn dort bewirkte vor allem die Erhitzung eine kräftigere Extraktion der Anthocyane, die durch eine anschließende Maischegärung noch zusätzlich verstärkt wurde.

Die Kombinationsvariante zeigte immer die niedrigste Farbnuance, d.h. die verfahrensbedingt höheren Braunfärbungen (420 nm) fielen im Verhältnis zu den größeren Anteilen an roten Pigmenten nicht ins Gewicht. Die Maischegärung zeigte aufgrund des von BINDER (1996) festgestellten, verfahrensbedingt höheren Sauerstoffeintrages auch höhere Werte der Farbnuance. Insgesamt lagen aber alle Varianten unter oder nicht maßgeblich über dem kritischen Wert von 1, ab welchem die Bräunungen sichtbar werden (vgl. SCHNEIDER, 1998). Die Weine der Rebsorte Spätburgunder neigten allerdings aufgrund ihres rebsortenbedingt höheren Anteils an Flavan-3-olen (vgl. FISCHER und STRASSER, 1999a; KLUMPP *et al.*, 2007) im Verhältnis zum Cabernet Franc tendenziell stärker zu Ausbildung brauner Farbpigmente (vgl. Kap. 4.3.3).

Bei der Farbbetrachtung der Versuchsweine war erkennbar, dass die bei 520 nm gemessene Farbe mit den von den Prüfern bewerteten optischen Eindrücken korrelierte. Auffällig war aber, dass der Anthocyangehalt weder mit der gemessenen Extinktion noch mit der Farbbewertung einen Zusammenhang zeigte. Bei der getrennten Betrachtung der Anthocyangehalte und der Extinktionswerte sah man, dass die separate Korrelationsberechnung in beiden Fällen einen eindeutigen Zusammenhang mit $r=0,946^{**}$ beim Spätburgunder und $r=0,838^{**}$ beim Cabernet Franc mit einer Signifikanz von $p \leq 0,01$ hervorbrachte. Mit steigenden Anthocyangehalten nahm analog zu den Ergebnissen von MATTIVI, ROTTENSTEINER und TONON (2001) die rote Farbe der Weine zu. Die Weine der beiden Rebsorten lagen allerdings bezüglich ihrer Extinktionswerte auf einem sehr unterschiedlichen Niveau, so dass bei einer gemeinsamen Korrelationsrechnung keine signifikanten Zusammenhänge erkennbar sein konnten. Beim Cabernet Franc zeigten niedrigere monomere Anthocyangehalte höhere Extinktionswerte bei 520 nm als beim Spätburgunder. Dies erklären GAO *et al.* (1997) dadurch, dass der Farbeindruck eines Rotweins in erster Linie auf die Gehalte an polymeren Farbstoffen zurückzuführen ist. Diese wurden aber mit der HPLC-Analyse nicht erfasst und demzufolge nicht in die Korrelationsberechnung einbezogen. Gleiches galt für die fehlende Korrelation zwischen der sensorischen Farbbewertung und den mittels HPLC gemessenen Anthocyangehalten.

5.3.3 Korrelationen zwischen der sensorischen Qualität und der Art der Rotweinverarbeitung

Die sensorische Bewertung der Versuchsweine zeigte in der Einzelbetrachtung getrennt nach Rebsorten und Jahrgang zum Teil sehr deutliche Unterschiede zwischen den Vinifikationsvarianten, die aber häufig auf verfahrensunabhängige Faktoren, wie beispielsweise die Gärstörung bei der Spätburgunder Maischegärung im Jahr 2000 zurückzuführen waren (vgl. Kap. 4.3.4). In einigen Versuchsansätzen traten teilweise auch nur sehr geringe Unterschiede bei wenigen sensorischen Attributen zwischen den untersuchten Verfahren auf. Eine zusammenfassende Bewertung der Verfahren anhand der Einzelergebnisse war demzufolge schwierig. Die rebsorten- und jahrgangsübergreifende Bildung der Mittelwerte zur Korrelationsberechnung ergab

dagegen eine bessere Auskunft über die Zusammenhänge zwischen den polyphenolischen Inhaltsstoffen und der sensorischen Qualität in Abhängigkeit von den untersuchten Verfahren. Im Gegensatz zum Weißwein, in dem schon geringe Unterschiede in der Zusammensetzung der monomeren Polyphenole eine deutliche Beeinflussung der sensorischen Qualität bewirkten (vgl. Kap. 4.1.4 und Kap. 4.2.4), ließen sich dagegen im Rotweimbereich nur selten eindeutige Korrelationen zwischen den mittels HPLC bestimmten polyphenolischen Inhaltsstoffen und der Weinsensorik erkennen. Dies führte RITTER (1997) bei seinen Ergebnissen zur Untersuchung der Mostoxidation in der Weißweinabereitung auf die wesentlich höheren Gehalte polymerisierter Gerbstoffe im Wein zurück, die mittels HPLC-Analyse nicht erfasst werden, aber entscheidend für die sensorische Qualität sind. Analog gilt das auch für den Rotwein, in dem der Anteil polymerisierter Polyphenole sogar von noch größerer Bedeutung für die Farbe und den Geschmack ist. Bei den nasschemischen Summenparametern auf Basis der Methode nach *Folin-Ciocalteu*, in denen auch höherpolymere Polyphenole erfasst werden, ergaben sich folglich gute Korrelationen zu den abgefragten sensorischen Attributen. Dies bestätigt die von SINGLETON, ORTHOFER und LAMUELA-RAVENTÓS (1999) beschriebene bessere Eignung der Methode nach *Folin-Ciocalteu* bei der Aufdeckung von Korrelationen zwischen polyphenolischen Inhaltsstoffen und der Sensorik. Mit der Zunahme der Polyphenolgehalte im Rotwein wurde allgemein eine Zunahme der sensorischen Wahrnehmung der Gerbstoffe festgestellt. Dieser Zusammenhang konnte signifikant für die Gruppe der Flavonoide und den Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* errechnet werden und bestätigte die Ergebnisse von ROBICHAUD und NOBLE (1990). Ferner zeigte sich, dass je mehr rote Farbe (520 nm) der Versuchsrotwein aufwies, desto gerbstoffbetonter wurde er von den Verkostern bewertet. Ein Zusammenhang zwischen der sensorisch bewerteten Farbe und dem Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* ließ sich ebenfalls finden. Die Prüfer bewerteten in der Folge die Weine mit höherem Folingehalt auch höher in der Farbe. Dies war damit zu erklären, dass die Anthocyane als Polyphenolgruppe den Hauptanteil am Gesamtpolyphenolgehalt im Rotwein darstellten und dass ihre Gehalte durch die verschiedenen Rotweintechnologien am stärksten beeinflusst wurden. In der sensorischen Bewertung der Farbe wurde die Kombinationsvariante entsprechend der hohen Anthocyangehalte und auch analog zu den hohen Extinktionswerten erwartungsgemäß am farbstärksten beurteilt. Der

Anthocyangehalt wirkte sich tendenziell positiv auf die Bewertung des Körpers aus. SCHNEIDER (1998) beschreibt ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Anthocyangehalt und dem Körper bzw. der Fülle des Weines und spricht von einer „schmeckbaren Farbe“. Die Kombinationsvariante wurde daher aufgrund ihrer höchsten Polyphenolgehalte von allen drei untersuchten Verfahren und analog zu den gefundenen Korrelationen als signifikant höher in der Intensität der Gerbstoffe bewertet.

Für die Bewertung der Gerbstoffe konnte eine deutliche Korrelation zu den Gehalten an gerbenden Polyphenolen im Rotwein gefunden werden. Die höheren Polyphenolgehalte wirkten sich aber nicht negativ auf die Geruchs- und Geschmacksqualität aus, wie die fehlenden Korrelationen in diesem Bereich bestätigten. Durch die oben erwähnten verfahrensunabhängigen Schwankungen der Einzelwerte konnten nur für die Attribute Farbe und Gerbstoffe, die auch in signifikanter Korrelation zu den polyphenolischen Inhaltsstoffen standen, statistisch abgesicherte Unterschiede zwischen den Verfahren ermittelt werden. Bei den übrigen analysierten sensorischen Attributen konnte die bevorzugte Qualität der Kombinationsvariante gegenüber der Maischegärung und der Maischeerhitzung daher nur tendenziell aufgezeigt werden. Die Maischeerhitzung wies entsprechend ihrer geringen Gehalte an gerbenden Polyphenolen auch in der Sensorik die geringste Gerbstoffintensität auf, was bei diesem Verfahren in der Einzelbewertung häufig eine negative Beurteilung in der Geschmacksqualität und im Körper verursachte. Die Maischegärung zeigte in der Mittelwertbetrachtung signifikant weniger Farbe als die Kombinationsvariante und tendenziell auch weniger als die Maischeerhitzung. Dies führte in den Verkostungen zu einer generellen Abwertung der Weine verbunden mit einer schlechteren Bewertung der Qualitätsattribute im Vergleich zur Kombinationsvariante.

Der stärkere Sauerstoffkontakt und die intensivere alkoholische Extraktion der Flavonoide bei der Maischegärung in Kombination mit der Maischeerhitzung führte, wie auch schon FISCHER (2003) beschreibt, zu kräftigen aber harmonischen Gerbstoffen. Nach GIRARD *et al.* (1997) zeigen solche Weine mehr Farbe und ein intensiveres Aroma, was sich auch in den Ergebnissen der Verkostungen in dieser Arbeit wiederfinden ließ. In Verkostungen verschiedener Verschnitte von Weinen aus Maischegärung und Maischeerhitzung wurden laut BLANKENHORN (2002) stets die Kombinationsproben, vor allem aus geschmacklichen Gründen aber auch wegen ihrer

bis zu 20 % höheren Farbintensität, bevorzugt. KOBLER (2003) berichtet außerdem, dass sich gerade in unreifen Jahrgängen längere Extraktionsvorgänge positiv auf die Rotweinqualität auswirkten. Die Kombination von Maischeerhitzung und Maischegärung erwies sich daher im Rahmen dieser Arbeit gerade in schwierigen Jahrgängen, bezogen auf die Reife oder Fäulnisbelastung der Trauben, als positiv für die sensorische Qualität, d.h. für die Erzielung eines harmonischen Gerbstoffprofils bzw. Körpers und einer kräftigen Farbe.

5.4 Bedeutung der Ergebnisse dieser Arbeit für die Praxis und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind derzeit wieder sehr aktuell, da sich die OIV (Internationale Organisation für Rebe und Wein) im Rahmen ihres Arbeitsfeldes „Wein und Gesundheit“ erneut mit der Fragestellung der Bioverfügbarkeit und der Antioxidativen Wirkung von Polyphenolen befasst (vgl. <http://www.oiv.int/oiv/info/deplanstrategique>, S. 40; eine mündliche Voranfrage für ein Referat zu diesem Thema liegt ebenfalls vor). Dabei spielt aus oenologischer Sicht neben der Maximierung der gesundheitlich wertvollen Polyphenole auch die sensorische Beeinflussung dieser eine bedeutende Rolle. Die Bewertung des optimalen Polyphenolgehaltes, abhängig von der Vinifikationstechnologie und im Sinne einer guten sensorischen Weinqualität, ist vor diesem Hintergrund nicht immer einfach und zwischen Weiß- und Rotwein differenziert zu betrachten. Die Qualität des Lesegutes spielt dabei eine besonders wichtige Rolle.

5.4.1 Weißweibereitung

Im Weißwein hängt die Entscheidung, ob eine Polyphenolerhöhung durch härtere Traubenverarbeitung oder Maischestandzeiten oder eine Polyphenolverminderung durch Vermeidung jeglicher mechanischer Belastung, z.B. bei starker Fäulnis, zum optimalen Polyphenolgehalt führt, in erster Linie von der Beschaffenheit der Trauben ab. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass sich erhöhte Polyphenolgehalte, hervorgerufen durch zusätzliche mechanische Schritte während der Traubenverarbeitung oder durch eine nicht optimal dem Zustand des Lesegutes angepasste Mostvorklärung, negativ auf die Weinsensorik auswirken. Besonders in schwierigen Jahrgängen bezüglich Reife und Gesundheitszustand der Trauben sind praxisorientierte Ergebnisse wichtig, um dem Anwender die Möglichkeiten aufzuzeigen, unerwünschte Polyphenole aus dem Wein fernzuhalten. Mit den Ergebnissen dieser Arbeit werden den Weinproduzenten daher, in Ergänzung zu den bereits in der Praxis etablierten Mosttrubgehalten oder dem Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu*, noch zwei weitere wichtige Analysenparameter zur Beurteilung von Vinifikationsverfahren aufgezeigt:

1. Der Flavan-3-ol-Gehalt zur Beurteilung der mechanischen Belastung von Lesegut und die damit verbundene Erhöhung von unerwünschten grasigen,

grünen Noten oder einer möglicherweise stärkeren Braunfärbung des Weißweines. Dabei stellte die Korrelation der Flavan-3-ol-Gehalte mit den im Weinbaubetrieb einfach zu bestimmenden Werten des Sedimentationstrubes eine wichtige Verbindung zur Praxis dar.

2. Der Tyrosolgehalt, der im Bereich der Mostvorklärung sowohl eine Korrelation mit dem Resttrubgehalt als auch mit der sensorischen Qualität der Weißweine zeigte. Je höher die Tyrosolgehalte waren, desto schlechter wurden die Weißweine in den Verkostungen bewertet.

Auf Basis dieser gefunden Zusammenhänge zwischen Technologie, Polyphenolgehalten und sensorischer Weinqualität können neue und auch altbewährte Verfahren der Oenologie überprüft und entsprechend aktualisierte Praxisempfehlungen erarbeitet werden. Dazu wäre es in weiterführenden Arbeiten notwendig, Grenzwerte bzw. reproduzierbare Geruchs-/Geschmacksschwellenwerte der Flavan-3-ole und auch des Tyrosols für ein möglichst breites Weinspektrum und unter Berücksichtigung der Jahrgangs- und Reifeunterschiede zu ermitteln.

5.4.2 Rotweinerbereitung

Im Rotweinerbereich wird mit dem optimalen Polyphenolgehalt im Gegensatz zum Weißwein eher auf eine Steigerung desselben zur Gewinnung von mehr Farbe und einer komplexen Gerbstoffstruktur abgezielt. Auch hier stellt unreifes und fäulnisbelastetes Lesegut eine besondere Herausforderung dar. Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit kann mit der Kombination aus Maischeerhitzung und Maischegärung in solchen Jahrgängen eine positive Empfehlung für die Praxisanwendung gegeben werden. Eine Erhöhung der Polyphenolgehalte zur Erzielung von mehr Farbe und einer guten sensorischen Qualität konnte für diese Rotweinvinifikationsvariante, gegenüber den beiden Verfahren der Maischegärung und Maischeerhitzung, rebsortenübergreifend gezeigt werden. Zur analytischen Beurteilung des Polyphenolgehaltes und die damit verbundene Beeinflussung der Weinsensorik stellte sich ergänzend zum Gesamtpolyphenolgehalt nach *Folin-Ciocalteu* auch die nasschemische Messung der gerbenden Polyphenole und der Flavonoide mit guten Ergebnissen dar. Alle drei Werte korrelierten sehr gut miteinander und auch mit den für die sensorische Beurteilungen der Rotweinqualität wichtigen Attributen wie Farbe

und Gerbstoffe. Eine Ermittlung von rebsorten- und gebietstypischen Grenzwerten verbunden mit einer möglichen Optimierung der Methode zur leichteren Anwendung im Weingut/Weinlabor wäre zur Ergänzung der bisherigen Ergebnisse dieser Arbeit von Wichtigkeit.

6 Zusammenfassung

Zielsetzung der Arbeit war es zu untersuchen, inwieweit ausgewählte oenologische Verfahren der Weißwein- bzw. Rotweinvinifikation die Weininhaltsstoffe und damit verbunden die sensorischen Eigenschaften verändern. In der Arbeitshypothese wurde dabei davon ausgegangen, dass es einen statistischen Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Polyphenolen und einzelnen sensorischen Attributen der Weinqualität gibt. Die Ergebnisse der technologischen Beeinflussung der Polyphenolgehalte und deren Korrelationen mit ausgewählten organoleptischen Parametern der Weinqualität standen dabei im Vordergrund und konnten die Arbeitshypothese bestätigen.

Beeinflussung der Weinqualität durch den Entrappungsvorgang während der Vollernterlese von Rheingauer Rieslingtrauben

Am Beispiel der Rebsorte Riesling wurde im Jahrgang 2000 und 2001 anhand dreier unterschiedlicher Versuchsanstellungen zur Entrappung von Vollernterlesegut die Veränderung der polyphenolischen Inhaltsstoffe und der sensorischen Eigenschaften der Weine untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass der Entrappungsvorgang in Kombination mit der Vollernterlese vor allem bei fäulnisbelastetem Lesegut einen negativen Einfluss auf die Weinqualität ausübte. Dabei spielte besonders die Polyphenolfraktion der Flavan-3-ole ((+)-Catechin und (-)-Epicatechin) eine entscheidende Rolle, da ihre Gehalte im Wein sowohl mit dem Trubgehalt als Indikator für die mechanische Belastung als auch mit einer Verschlechterung der Weinqualität signifikant positiv korrelierten. Höhere Gehalte an Flavan-3-olen wirkten sich negativ auf die sensorische Qualität aus und verliehen den Weinen verstärkt grüne und grasige Noten.

Einfluss unterschiedlicher Mostvorklarungsverfahren auf die Weinqualität von Rheingauer Rieslingweinen

Zur Untersuchung der unterschiedlichen Einflüsse der Mostvorklarungsverfahren wurden in den Jahrgängen 2000 und 2001 bei der Rebsorte Riesling die Varianten der Separation, Flotation, Sedimentation und Filtration im Vergleich zu einer ungeklärten Kontrollvariante ausgebaut und auf Most- und Weininhaltsstoffe sowie sensorische Qualität untersucht. Je niedriger der Resttrubgehalt, desto besser die spätere

Weinqualität. Dieser aus der Praxis der Mostvorklärung bekannte allgemeine Zusammenhang konnte mittels der durchgeführten Korrelationsanalyse auf die polyphenolische Verbindung Tyrosol zurückgeführt und statistisch abgesichert werden. Mit einer signifikanten Korrelation zwischen Tyrosolgehalt, Resttrubgehalt und sensorischen Ergebnissen ließ sich ein Zusammenhang zwischen diesem Weininhaltsstoff und der Weinqualität herstellen. Je höher die Resttrubgehalte waren, desto höher waren auch die Tyrosolgehalte und desto negativer wurden die Reintönigkeit, die Geschmacksqualität und die Gerbigkeit der Weißweine bewertet.

Einfluss der Maischegärung und der Maischeerhitzung sowie deren Kombination auf die Qualität von Weinen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc aus dem Rheingau

Die Untersuchungen der Rotweinbereitungstechniken bei den Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc haben gezeigt, dass insbesondere die Kombination der beiden Verfahren Maischeerhitzung und Maischegärung Rotweine mit höheren Polyphenolgehalten und damit verbunden höheren Farbintensitäten erzeugte. Bei beiden Rebsorten erzielte die Kombinationsvariante neben der höchsten Farbausbeute auch in der sensorischen Qualität stets die besten Bewertungen. Der gerbstoffbetontere Charakter bei den mit der Verfahrenskombination erzeugten Rotweinen wurde geschmacklich positiv bewertet. Vor allem in bezogen auf Reife und Fäulnis schwierigen Jahrgängen konnten mit der Kombinationsvariante kräftige und farbintensive Rotweine erzeugt werden.

Die Verbesserung des Geschmacks mit steigendem Gesamtpolyphenolgehalt der Rotweine korrelierte vor allem positiv mit der Gruppe der Flavonoide. In diesem Zusammenhang erwies sich die nasschemische Bestimmung der gerbenden Polyphenole durch Fällung mit Methylcellulose aufgrund ihrer positiven Korrelation mit der sensorischen Bewertung der Gerbstoffe als gute Methode zur analytischen Beurteilung der organoleptischen Eigenschaften von Polyphenolen im Rotwein.

Die Messung der Rotweinfarbe korrelierte ebenfalls positiv mit dem gerbstoffbetonteren Geschmack der Weine und auch mit dem Attribut „Körper“. Je farbintensiver die Versuchsrotweine waren, desto positiver wurde ihre Polyphenolstruktur bzw. ihre Fülle bewertet.

7 Summary

The aim of this thesis was to examine in how far oenological methods of white wine or red wine vinification affect wine ingredients and thus sensory characteristics. In the working hypothesis was assumed that a statistical correlation between polyphenol content and individual sensory attributes of wine quality exists. The results of the technological influence on polyphenol contents and their correlation with chosen organoleptic parameters of wine quality were the central aspect and could confirm the working hypothesis.

Impact on wine quality through destemming during machine harvesting of Rheingau Riesling grapes

With the example of the vine variety Riesling of the vintages 2000 und 2001, three different experiments of the destemming of grapes by means of mechanical harvester were conducted to investigate the changes in polyphenolic ingredients and sensory characteristics of the wines. It was shown that the destemming process in combination with machine harvesting had a negative impact on wine quality, above all with rotten grapes. Particularly the polyphenolics fraction of the flavan-3-ols ((+)-catechin and (-)-epicatechin) played a decisive role since polyphenolic contents in wine were not only significantly correlated to the volume of lees as indicator for mechanical stress but also to a decrease in wine quality. Higher flavan-3-ol concentrations affected the sensory quality negatively. The wines increasingly acquired green and grassy flavours.

Influence of the different methods of must clearing on the quality of Rheingau Riesling wines

To analyse the different influences of must clearing processes separation, flotation, sedimentation and filtration variants of the Riesling vine variety of vintages 2000 and 2001 were treated to undergo vinification, each with untreated control variant serving as comparison, and were tested for their must and wine ingredients as well as their sensory quality. The smaller the residual lees portion, the better the wine quality afterwards. This general relation, well-known from must clearing practice, could be traced back by means of the performed correlation analysis to the polyphenolic

compound tyrosol and could be statistically confirmed. With a significant correlation between tyrosol content, residual lees volume and the results of sensory evaluation, this polyphenolic wine ingredient could be related with wine quality. The higher the residual lees portions, the higher the tyrosol contents too and the more negative the sensory evaluation of cleanness of taste, quality of taste and tannic taste impression.

Impact of fermentation on skins and mash heating as well as the combination of both on the quality of wines of the vine variety Spätburgunder (syn. Pinot noir) and Cabernet Franc from the Rheingau region

The examinations of the red vinification techniques applied on the vine varieties Spätburgunder and Cabernet Franc have shown that especially the combination of the two methods mash heating and skin contact fermentation produced red wines with increased polyphenol contents and thus increased colour intensity. With both vine varieties, the combination variant always attained the best sensory evaluations besides the highest colour yield. The intensified tannic character of the red wines produced by the combination method was positively evaluated in tastings. Above all in vintages problematic with regard to ripeness and rot, full-bodied and colour-intensive red wines could be made with the combination variant.

Taste improvement with increased total polyphenolics in the red wines correlated primarily with the group of flavonoids. In this connection, analysis of the tannic polyphenols by means of precipitation with methylcellulose proved a good method for the analytical evaluation of organoleptic properties of polyphenols in red wine due to its positive correlation with the sensory evaluation of tannic substances.

The measurement of the red wine colour correlated equally positively with the intensified tannic taste of the wines and also with the attribute „body“. The more colour-intensive the tested red wines, the more positively evaluated the polyphenolic structure, respectively the body of the wines.

8 Literaturverzeichnis

ADAMS, D.O. (2006):

Phenolics and Ripening in Grape Berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 57, No. 3, S. 249-256

ANDRADE, P., R. SEABRA, M. FERREIRA, F. FERRERES und C. GARCIA-VIGUERA (1998):

Analysis of non-coloured phenolics in port wines by capillary zone electrophoresis - Influence of grape variety and ageing. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, 206, S. 161-164

ASEN, S., R.N. STEWART und K.H. NORRIS (1972):

Co-pigmentation of anthocyanins in plant tissues and its effect on colour. *Phytochemistry*, 11, S. 1139-1144. In: WENZEL (1986)

ASO, K., T. NAKAYAMA und M. MAKI (1953):

J. Ferment. Technology, 31, S. 43-47. In: ANDRADE *et al.* (1998)

AUW, J.M., V. BLANCO, S.F. O'KEEFE und C.A. SIMS (1996):

Effect of processing on the phenolics and color of Cabernet Sauvignon, Chambourcin and Noble wines and juices. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 47, No. 4, S. 279-286

AYESTARÁN, B.M., M.C. ANCÍN, A.M. GARCIA, A. GONZÁLEZ und J.J. GARRIDO (1995):

Influence of prefermentation clarification on nitrogenous contents of musts and wines. *J. Agric. Food Chem.*, 43, S. 476-482

BARANOWSKI, E.S. und C.W. NAGEL (1983):

Kinetics of malvidin-3-glucoside condensation in wine model systems. *J. Food Science*, 48, S. 419- 421

BATE-SMITH, E.C. (1973):

Haemanalysis of tannins; the concept of relative astringency. *Phytochemistry*, 12, S. 907-912. In: ROBICHAUD und NOBLE (1990)

BENÍTEZ, P., R. CASTRO, R. NATERA und C. GARCÍA-BARROSO (2005):

Effects of grape destemming on the polyphenolic and volatile content of Fino Sherry wine during alcoholic fermentation. *Food Science Tech. Int.*, 11 (4), S. 233-242

BERKE, B, C. CHÈZE, J. VERCAUTEREN und G. DEFFIEUX (1998):

Bisulfite addition to anthocyanins: Revised structures of colourless adducts. *Tetrahedron Lett.*, 39, S. 5771-5774. In: FULCRAND *et al.* (2006)

BINDER, G. (1995):

Maschinenlese und Weinphenole. *Das Deutsche Weinmagazin*, 27, S. 12-16

BINDER, G. (1996):

Maischeerhitzung oder Maischegärung – wieso oder? *Das Deutsche Weinmagazin*, 18, S. 62-66

BINDER, G. (2000):

Rotweinbereitung in Erzeugerbetrieben. Abschlussbericht über das ATW-Vorhaben Nr. 113. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

BLANKENHORN, D. (2002):

Thermische Verfahren zur Rotweinbereitung. *Der Deutsche Weinbau*, 16, S. 24-28

- BOOB, A. (2001):
Weinjahr 2001 – Versöhnung durch goldenen Oktober. Das Deutsche Weinmagazin, 24, S. 24-26
- BOULTON, R.B., V.L. SINGLETON, L.F. BISSON und R.E. KUNKEE (1995):
Principles and practices of winemaking. New York: Champman & Hall. In: KOBLER (2003)
- BOULTON, R. (2001):
The Copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 52, No. 2, S. 67-87
- BREIER, N. und J. WEIAND (2001):
Flotation – Alternative zur Mostvorklärung in 2000? Das Deutsche Weinmagazin, 8, S. 32-36
- BROSSAUD, F., V. CHEYNIER, C. ASSELIN und M. MOTOUNET (1999):
Flavonoid compositional differences of grapes among site test plantings of Cabernet Franc. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 50, No. 3, S. 277-284
- BROSSAUD, F., V. CHEYNIER und A. NOBLE (2001):
Bitterness and astringency of grape and wine polyphenols. Austr. J. Grape Wine Res., 7, S. 33-39
- BURKHARDT, R. (1976):
Analytische Bestimmung phenolischer Inhaltsstoffe von Mosten und Weinen. – Mitt. II: Trennung in niedermolekulare, nicht gerbende phenolische Bestandteile und gerbende oligomere Derivate. Mitteilungsblatt der GdCh-Fachgruppe: Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie, Heft 11, S. 206-212
- BUSCH-STOCKFISCH, M. (2012):
Praxishandbuch Sensorik - Loseblattsammlung Grundwerk 08/2002. 27. Aktualisierung 02/2012, B. Behr's Verlag GmbH & Co., Hamburg
- CHAMKHA, M., B. CATHALA, V. CHEYNIER und R. DOUILLARD (2003):
Phenolic composition of Champagnes from Chardonnay and Pinot Noir vintages. J. Agric. Food Chem., 51, S. 3179-3184
- CHEYNIER, V.F., E.K. TROUSDALE, V.L. SINGLETON, M.J. SALGUES, und R. WYLDE (1986):
Characterization of 2-S-Gluthanionylcaftaric Acid and Its Hydrolysis in Relation to Grape Wines. J. Agric. Food Chem., 34, S. 217. In: SPANOS und WROLSTAD (1992)
- CHEYNIER, V., C. OSSE und J. RIGAUD (1988):
Oxidation of grape juice phenolic compounds in model solutions. J. Food Science, 53, S. 1729-1731
- CHEYNIER, V., J. RIGAUD, J.M. SOUQUET, J.M. BARILLÈRE und M. MOUTOUNET (1989):
Effect of pomace contact and hyperoxidation on the phenolic composition and quality of Grenache and Chardonnay wines. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 40, No. 1, S. 36-42
- CHEYNIER, V., C. PRIEUR, S. GUYOT, J. RIGAUD und M. MOUTOUNET (1997):
The structures of tannins in grape and wines and their interactions with proteins. Wine: Nutritional and Therapeutic Benefits. T.R. WATKINS (Ed.), Am. Chemical Society, Washington D.C., S. 81-93. In: CHEYNIER *et al.* (2006)

CHEYNIER, V., M. DUEÑAS-PATON, E. SALAS, C. MAURY, J.M. SOUQUET, P. SARNI-MANCHADO und H. FULCRAND (2006):

Structure and Properties of Wine Pigments and Tannins. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 57, No. 3, S. 298-305

CHRISTMANN, M., F. WILL, M. GROßMANN und M. FREUND (2005):

Einfluss der Traubenverarbeitung auf den Mosttrubgehalt, dessen Zusammensetzung und dessen Auswirkungen auf die Qualität bei Weinen der Rebsorte Riesling. Zwischenbericht für das Untersuchungsjahr 2004 – Forschungsanstalt Geisenheim (bisher unveröffentlichtes Manuskript)

DANILEWICZ, J.C. (2003):

Review of Reaction Mechanisms of Oxygen and Proposed Intermediate Reduction Products in Wine: Central Role of Iron and Copper. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 54, 1, S. 73-85

DANILEWICZ, J.C. (2007):

Interaction of Sulfur Dioxide, Polyphenols, and Oxygen in a Wine-Model System: Central Role of Iron and Copper. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 58, 1, S. 54-60

DARIAS-MARTIN, J.J., O. RODRÍGUEZ, E. DIAZ und R.M. LAMUELA-RAVENTÓS (2000):

Effect of skin contact on the antioxidant phenolics in white wine. Food Chem., 71, S. 483-487

DE BEER, D., J.F. HARBERTSON, P.A. KILMARTIN, V. ROGINSKY, T. BARSUKOVA, D.O. ADAMS und A.L. WATERHOUSE (2004):

Phenolics: A Comparison of Diverse Analytical Methods. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 55, 4, S. 389-400

DE FREITAS, V.A.P. und Y. GLORIES (1999):

Concentration and compositional changes of procyanidins in grape seeds and skins of white *Vitis vinifera* varieties. J. Sci. Food Agric., 79, S. 1601-1606. In: HARBERTSON, KENNEDY und ADAMS (2002)

DEUTSCHER WETTERDIENST (2000):

Wetterdaten der Außenstelle Geisenheim

DEUTSCHER WETTERDIENST (2001):

Wetterdaten der Außenstelle Geisenheim

DIN 4120 (1995):

Sensorische Analyse/Prüfverfahren – Dreiecksprüfung. Beuth Verlag, Berlin

DIN 10950-2 (2000):

Sensorische Prüfung - Teil 2: Allgemeine Grundlagen. Beuth Verlag, Berlin

DIN 10961 (1997):

Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen. Beuth Verlag, Berlin

DIN 10962 (1997):

Prüfbereiche für sensorische Prüfungen - Anforderungen an Prüfräume. Beuth Verlag, Berlin

- DIN 10963 (1997):
Sensorische Prüfverfahren - Rangordnungsprüfung. Beuth Verlag, Berlin
- DIN 10966 (1997):
Sensorische Prüfverfahren - Intensitätsprüfung. Beuth Verlag, Berlin
- DIN 10967-1 (1999):
Sensorische Prüfverfahren: Profilprüfung, Teil 1: Konventionelles Profil. Beuth Verlag, Berlin
- DIN 10967 – Beiblatt 1 (2000):
Sensorische Prüfverfahren: Profilprüfung - Beispiele zur statistischen Auswertung. Beuth Verlag, Berlin
- DITTRICH, H. (1987):
Mikrobiologie des Weines. 2. Neubearb. Aufl., Ulmer-Verlag, Stuttgart, S. 62-68, 294-295
- DITTRICH, H. (1989):
Die Veränderung der Beereninhaltsstoffe und der Weinqualität durch *Botrytis cinerea* – Übersichtsreferat. Die Weinwissenschaft, 44, S. 105-131
- DRAWERT, F. (1975):
Geruchs- und Geschmacksstoffe. Verlag Hans Carl Stuttgart, S. 221. In: KECK (1989)
- DREWS, B., H. SPECHT und E. SCHWARTZ (1965):
Die aromatischen Alkohole im Bier. Monatsschrift Brauerei, 18, S. 240-242
- FERNÁNDEZ DE SIMÓN, B., T. HERNÁNDEZ und I. ESTRELLA (1993):
Phenolic compositions of white grapes (Var. Airen). Changes during ripening. Food Chem., 47, S. 47-52
- FERNANDO M., C. GÜELL und F. LÓPEZ (1998):
Industrial wine making: Comparison of must clarification treatments. J. Agric. Food Chem., 46, S. 1523-1528
- FISCHER, U. und A.C. NOBLE (1994):
The effect of ethanol, catechin concentration and pH on sourness and bitterness of wine. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 45, S. 6-10
- FISCHER, U. (1997a):
Farbe bekennen. Das Deutsche Weinmagazin, 13, S. 24-29
- FISCHER, U. (1997b):
Verkostung mit dem neuen Aromarad für deutsche Weine. Vielfalt entdecken und beschreiben. Das Deutsche Weinmagazin, 15, S. 19-25
- FISCHER, U. (1997c):
Maischegärung ist nicht gleich Maischegärung. Das Deutsche Weinmagazin, 18, S. 44-52
- FISCHER, U. und M. STRASSER (1999a):
Von Körper, Fülle und Nachhaltigkeit – Tanninmanagement, Teil I. Das Deutsche Weinmagazin, 18, S. 36-39

- FISCHER, U. und M. STRASSER (1999b):
Harmonie von Farbe und Geschmack – Tanninmanagement, Teil II. Das Deutsche Weinmagazin, 19, S. 22-26
- FISCHER, U., M. STRASSER und K. GUTZLER (2000):
Impact of fermentation technology on the phenolic and volatile composition of German red wines. Internat. J. Food Science, 35, S. 81-94
- FISCHER, U. (2000):
Mostvorklärung und Hefeeinsaat – Ursachen von Gärstörungen und ihre Behebung. Der Deutsche Weinbau, 18, S. 12-17
- FISCHER, U. (2003):
Gezielter Ausbau von Rotweinstilen. Der Deutsche Weinbau, 12, S. 12-17
- FISCHER, U., M. LÖCHNER und S. WOLZ (2007):
Red wine authenticity: Impact of technology on anthocyanin composition. Authentication of Food and Wine. S.E. EBELER *et al.* (Eds.), Am. Chemical Society, Washington, DC. In: CHEYNIER *et al.*, 2007
- FLORIDI, S., L. MONTANARI, O. MARCONI und P. FANTOZZI (2003):
Determination of free phenolic acids in wort and beer by coulometric array detection. J. Agric. Food Chem., 51, S. 1548-1554
- FORKMANN, G. (1993):
Biosynthesis of flavonoids. - Polyphenolic phenomena. SCALBERT A. (Ed.), INRA Editions, Paris, S. 65-71: In: NIKFARDJAM POUR (2001)
- FREUND, M. und J. SECKLER (2007):
Erfahrungen über verschiedene Rebsorten während des Entrappens. Deutsches Weinbaujahrbuch 2007, 59. Jg., S. 163-168
- FULCRAND H., M. DUEÑAS, E. SALAS und V. CHEYNIER (2006):
Phenolic Reaction during Winemaking and Aging. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 57, No. 3, S. 289-297
- FULEKI, T. und J.M. RICARDO-DA-SILVA (2003):
Effects of cultivar and processing method on the contents of catechins and procyanidins in grape juice. J. Agric. Food Chem., 51, S. 640-646
- GAO, L., B. GIRARD, G. MAZZA und A.G. REYNOLDS (1997):
Changes in anthocyanins and color characteristics of Pinot Noir wines during different vinification processes. J. Agric. Food Chem., 45, S. 2003-2008
- GARCÍA-MARINO, M., C. SANTOS-BUELGA, J.C. RIVAS-GONZALO und M.T. ESCRIBANO-BAILÓN (2009):
Las prácticas enológicas en la evolución del contenido fenólico. La Semana Vitivinícola, No. 3248, S. 6-14
- GARCIA-VIGUERA, C., J. BAKKER, S.J. BELLWORTHY, H.P. READER, S.J. WATKINS und P. BRIDLE (1997):
The effect of some processing variables on non-coloured phenolic compounds in port wines. Z. Lebensm. Unters. Forsch. A., 205, S. 321-324

- GAWEL, R. (1998):
Red wine astringency: A review. *Austr. J. Grape Wine Res.*, 4, S. 74-95
- GIRARD, B., T.G. KOPP, A.G. REYNOLDS und M. CLIFF (1997):
Influence of vinification treatments on aroma constituents and sensory descriptors of Pinot Noir wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 48, No. 2, S. 198-206
- GOLDBERG, D.M., A. KARUMANCHIRI, G.J. SOLEAS und E. TSANG (1999):
Concentrations of selected polyphenols in white commercial wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 50, No. 2, S. 185-193
- GONZÁLEZ-MANZANO, S., J.C. RIVAS-GONZALO, C. SANTOS-BUELGA (2004):
Extraction of flavan-3-ols from grape seed and skin into wine using simulated maceration. *Analytica Chimica Acta*, 513, S. 283-289
- GORINSTEIN, S., A. CASPI, M. ZEMSER und S. TRAKHTENBERGER (2000):
Comparative contents of some phenolics in beer, red and white wines. *Nutr. Res.*, 20, S. 131-139. In: FLORIDI *et al.* (2003)
- GÖSSINGER, M. (1999):
Mostvorklärung – ein wichtiger Schritt zur Qualitätssteigerung. *Der Winzer*, 9, S. 10-14
- HARBERTSON, J.F., J.A. KENNEDY und D.O. ADAMS (2002):
Tannin in Skins and Seed of Cabernet Sauvignon, Syrah and Pinot noir Berries during Ripening. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 53, No. 1, S. 54-59
- HARBERTSON J.F. und S. SPAYD (2006):
Measuring Phenolics in the Winery. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 57, No. 3, S. 280-288
- HARBERTSON J.F., R.E. HODGINS, L.N. THURSTON, L.J. SCHAFFER, M.S. REID, J.L. LANDON, C.F. ROSS und D.O. ADAMS (2008):
Variability of Tannin Concentration in Red Wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 59, No. 2, S. 210-214
- HARMS, M. und R. WALTER (2006):
Unangenehme Traubenfäule im Überblick. – Alles Botrytis oder was? *Das Deutsche Weinmagazin*, 14, S. 12-16
- HAUBS, H. (1976):
Klärung von Most und Wein im Mittel- und Kleinbetrieb. *Der Deutsche Weinbau*, 31, S. 992-998
- HELDT, H.W. (1996):
Pflanzenbiochemie. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 1. Aufl.
- HOUGH, J.S., D.E. BRIGGS, J.S. STEVENS und T.W. YOUNG (1981):
Chemical and physical properties of beer. *Malting and Brewing Science*, Chapman and Hall, London, UK. S. 776-838. In: FLORIDI *et al.* (2003)
- HUANG, D., B. OU und R.L. PRIOR (2005):
The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *J. Agric. Food Chem.*, 53, S. 1841-1856

- HUBER, E., S. WENDELIN, A. KOBLER, E. BERGHOFER und R. EDER (2005):
Bestimmung der Phenolzusammensetzung, der sensorischen Eigenschaften und der antioxidativen Kapazität im Reifeverlauf bei vier Südtiroler Rotweinsorten. Mitt. Klosterneuburg, 55, S. 3-21
- JACKSON, R.S. (2009):
Wine Tasting – A professional Handbook. Elsevier, London, UK, S. 162
- JURD, L. (1963):
Reactions involved in sulfite bleaching of anthocyanins. Food Chem., 33, S. 225-237.
In: FULCRAND *et al.* (2006)
- JURD, L. (1969):
Review of polyphenol condensation reactions and their possible occurrence in the aging of wines. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 20, No. 3, S. 191-195. In: WENZEL (1986)
- KECK, S. (1989):
Untersuchungen über die Bedeutung flüchtiger, phenolischer, schwefelhaltiger und stickstoffhaltiger Verbindungen für unerwünschte Aromanoten des Weines mittels Gaschromatographie/Massenspektrometrie. Diss. Univ. Karlsruhe
- KENNEDY, J.A., M.A. MATTHEWS und A.L. WATERHOUSE (2000):
Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. Phytochemistry, 55, S. 77-85
- KENNEDY, J.A., Y. HAYASAKA, S. VIDAL, E.J. WATERS und G.P. JONES (2001)
Composition of Grape Skin Proanthocyanidins at Different Stages of Berry Development. J. Agric. Food Chem., 49, S. 5348-5355
- KENNEDY, J.A., C. SAUCIER und Y. GLORIES (2006):
Grape and Wine Phenolics: History and Perspective. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 57, No. 3, S. 239-248
- KERENYI, Z. und A. KAMPIS (1984):
Comparison between the sensorially established and instrumentally measured colour of red wine. Acta Alimentaria, 13, 4, S. 325-342. In: PREYS *et al.* (2006)
- KLUMPP, M., W. PFEIFFER, C.-D. PATZ, P. KÜRBEL und H. DIETRICH (2007):
Verschiedene Rotweinsorten im Vergleich – Anthocyan- und Phenolprofile. Das Deutsche Weinmagazin, 7/8, S. 82-88
- KOBLER, A. (2003):
Über den Einfluss verschiedener Maischegärverfahren auf die Qualität von Vernatsch-Weinen. Mitt. Klosterneuburg, 53, S. 86-102
- KOMES, D., D. ULRICH, K. KOVACEVIC GANIC und R. LOVRIC (2007):
Study of phenolic and volatile composition of white wine during fermentation and a short time of storage. Vitis, 46 (2), S. 77-84
- KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, B. GAUBATZ, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):
Beeinflussung der Weinqualität durch die Entrappung während der Vollernterlese. Deutsches Weinbau-Jahrbuch, 55, S. 222-233

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):

Einfluss der Mostvorklärung auf die sensorische Qualität von Rieslingweinen aus dem Rheingau. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 53, S. 166-183

KOVAC, V., E. ALONSO, M. BOURZEIX und E. ROVILLA (1992):

Effect of several oenological practices on the content of catechins and proanthocyanidins of red wines. *J. Agric. Food Chem.*, 40, S. 1953-1957

KOVAC, V., E. ALONSO und E. ROVILLA (1995):

The effect of adding supplementary quantities of seeds during fermentation on the phenolic composition of wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 46, No. 3, S. 363-367

KRAMLING, T.E. und V.L. SINGLETON (1969):

An estimate of the nonflavonoid phenols in wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 20, No. 2, S. 86-92

LAWLESS, H.T. und B.P. KLEIN (1991):

Sensory science theory and applications in foods. IFT - Basic Symposium Series, M. Dekker, New York (USA)

LEA, A.G.H. und G.M. ARNOLD (1978):

The phenolics of ciders: Bitterness and astringency. *J. Sci. Food Agric.*, Vol. 29, S. 478-483. In: GARCIA-VIGUERA *et al.* (1997)

LEE, C.Y. und A. JAWORSKI (1989):

Major phenolic compounds in ripening white grapes. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 40, No. 1, S. 43-46

LORENZ, D. (2001):

Jahrgang 2000 – Eine Story von Essigfäule, Grünfäule, Drosophila & Co. *Das Deutsche Weinmagazin*, 7, S. 22-26

LUND, C.M., L. NICOLAU, R.C. GARDNER und P.A. KILMARTIN (2009):

Effect of polyphenols on the perception of key aroma compounds from Sauvignon Blanc wine. *Austr. J. Grape Wine Res.*, 15, S. 18-26

MACHEIX, J.-J., J.C. SAPIE und A. FLEURIET (1991):

Phenolic compounds and polyphenoloxidase in relation to browning in grapes and wines. *Crit. Rev. Food Science and Nutrition*, 30, S. 441-486

MADIGAN, D., I. MCMURROUGH und M.R. SMYTH (1994):

Rapid determination of 4-vinyl guaiacol and ferulic acid in beers and worts by high-performance liquid chromatography. *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, 52, S. 152-155. In: FLORIDI *et al.* (2003)

MATTIVI, F., H. ROTTENSTEINER und D. TONON (2001):

Osservazioni con la tecnica della colorimetria tristimolo sul colore delle soluzioni idroalcoliche di antociani. *Rev. Vitic. Enol.*, 54 (2-3), S. 51-73

- MAYÉN, M., J. MÉRIDA und M. MEDINA (1995):
Flavonoid and Non-Flavonoid compounds during fermentation and post-fermentation standing of musts from Cabernet Sauvignon and Tempranillo grapes. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 46, No. 2, S. 255-261
- MAZZA, G. (1995):
Anthocyanins in Grapes and Grape Products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 35, 4, S. 341-371
- MAZZA, G., L. FUKUMOTO, P. DELAQUIS, B. GIRARD und B. EWERT (1999):
Anthocyanins, phenolics and color of Cabernet Franc, Merlot and Pinot Noir wines from British Columbia. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 47, No. 10, S. 4009-4017
- MEILGAARD, M., G.V. CIVILLE und B. TH. CARR (1999):
Sensory evaluation techniques. CRC Press, Boca Raton, Florida (USA), 3rd Edition
- MILLER N.J., C. RIVE-EVANS, M.J. DAVIES, V. GOPINATHAN und A. MILNER (1993):
A novel method for measuring antioxidant capacity and its applications to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.*, 84, S. 407-412
- MONTEDORO, G. und P. FANTOZZI (1974):
Bestimmung von phenolischen Gerbsäuren in Mosten und Weinen mit Hilfe von Methylcellulose und Ermittlung anderer phenolischer Fraktionen. *Leb. Wiss. u. Technol.*, 7, S. 155-161. In: BURKHARDT (1976)
- MOUTOUNET, M., J. RIGAUD, J.M. SOUQUET und V. CHEYNIER (1990):
Influence de quelques paramètres sur l'oxydation des moûts de raisin. *Interprétations technologiques. Revue des Œnologues*, Vol. 124, S. 32-38
- MÜLLER-SPÄTH, H. (1977):
Neueste Erkenntnisse über den Sauerstoffeinfluss bei der Weinbereitung – aus der Sicht der Praxis. *Die Weinwirtschaft*, 6, S. 144-157
- MÜLLER-SPÄTH, H. (1980):
Phenolische Substanzen im Most und Wein. Aus der Sicht des Praktikers – Beobachtungen bei der Weißweinbereitung und Abfüllung. *Die Weinwirtschaft*, 1, S. 10-19
- NETZEL, M., G. STRASS, I. BITSCH, R. KÖNITZ, M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2002):
Einfluss moderner Traubenverarbeitung auf den Gehalt und die Bioverfügbarkeit von Resveratrolen und anderen bioaktiven Polyphenolen in deutschen Weinen. Abschlussbericht FEI/AiF-Projekt 12225 BG (bisher unveröffentlichtes Manuskript)
- NETZEL, M., G. STRASS, I. BITSCH, R. KÖNITZ, M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2003):
Effect of grape processing on selected antioxidant phenolics in red wine. *Journal of Food Engineering*, Vol. 56, No. 2/3, S. 223-228
- NEUMANN, R. und P. MOLNÁR (1991):
Sensorische Lebensmitteluntersuchung – Eine Einführung. Fachbuchverlag Leipzig, Leipzig, 2. neubearbeitete Auflage
- NIKFARDJAM POUR, M.S. (2001):
Polyphenole in Weißweinen und Traubensäften und ihre Veränderung im Verlauf der Herstellung. Dissertation Universität Giessen

- NIKFARDJAM POUR, M.S., H.J. KÖHLER, A. SCHMITT, C.D. PATZ und H. DIETRICH (2007):
Polyphenolic composition of German white wines and its use for the identification of cultivar. *Mitt. Klosterneuburg*, 57, S. 146-152
- OSZMIANSKI, J., F.M. ROMEYER, J.C. SAPIE und J.J. MACHEIX (1986):
Grape seed phenolics: Extractions as affected by some conditions occurring during wine processing. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 37, No. 1, S. 7-12
- OUGH, C.S. und H.W. BERG (1971):
Simulated mechanical harvest and gondola-transport. Effect of temperature, atmosphere and skin-contact on chemical and sensory qualities of white wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 22, S. 194-198
- PELEG, H., K. GACON, P. SCHLICH und A.C. NOBLE (1999):
Bitterness and astringency of flavan-3-ol monomers, dimers and trimers. *J. Sci. Food Agric.*, 79, S. 1123-1128
- PERI, C. und C. POMPEI (1971):
An assay of different phenolic fractions in wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 22, S. 55-58
- PETGEN, M. (2001):
Mostvorklärung im Weinbaubetrieb. *Die Winzer-Zeitschrift*, 10, S. 32-33
- PONTALLIER, P. und P. RIBEREAU-GAYON (1983):
Influence de l'aération et du sulfitage sur l'évolution de la matière colorante des vins rouges au cours de la phase d'élevage. *Connaissance Vigne Vin*, 17, S. 105-120.
In: WENZEL (1986)
- PREYS, S., G. MAZEROLLES, P. COURCOUX, A. SAMSON, U. FISCHER, M. HANAFAI, D. BERTRAND und V. CHEYNIER (2006):
Relationship between polyphenolic composition and some sensory properties in red wines using multiway analyses. *Analytica Chimica Acta*, 563, S. 126-136
- PUIG-DEU, M., E. LÓPEZ-TAMAMES, S. BUXADERAS und M.C. TORRE-BORONAT (1996):
Influence of must racking and fining procedures on the composition of white wine. *Vitis*, 35 (3), S. 141-145
- RAMOS, R., P.B. ANDRADE, R.M. SEABRA, C. PEREIRA, M.A. FERREIRA und M.A. FAIA (1999):
A preliminary study of non-coloured phenolics in wines of varietal white grapes (Códega, Gouveio and Malvasia Fina): effects of grape variety, grape maturation and technology of winemaking. *Food Chem.*, 67, S. 39-44
- RAPP, A. und G. VERSINI (1996):
Flüchtige phenolische Verbindungen in Wein. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 2, S. 42-47
- RECHNER, A. (2001):
Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die antioxidative Kapazität von wertgebenden Apfel- und Beerensaftkomponenten. *Diss. Universität Giessen*
- REMY, S., H. FULCRAND, B. LABARBE, V. CHEYNIER und M. MOUTOUNET (2000):
First confirmation in red wine of products resulting from direct anthocyanin-tannin reactions. *J. Sci. Food Agric.*, 80, S. 745-751

- RIGAUD, J., V. CHEYNIER, J.M. SOUQUET und M. MOUTOUNET (1990):
Mécanismes d'oxydation des polyphénols dans les moûts blancs. *Revue des Œnologues*,
Vol. 124, S. 29-31
- RITCHEY, J.G. und A.L. WATERHOUSE (1999):
A Standard Red Wine: Monomeric Phenolic Analysis of Commercial Cabernet Sauvignon
Wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 50, No. 1, S. 91-100
- RITTER, G. (1997):
Die Bedeutung der phenolischen Saft- und Weinhaltstoffe während der
Verarbeitung von Äpfeln, Speierling und weißen Trauben – Einfluss moderner
Verfahrenstechnologie auf die Qualität des Endproduktes. *Geisenheimer Berichte*,
Band 30. Diss. Universität Gießen
- ROBICHAUD J.L. und A.C. NOBLE (1990):
Astringency and bitterness of selected phenolics in wine. *J. Sci. Food Agric.*, 53,
S. 343-353
- ROGGERO, J.P., J.L. LARICE, C. ROCHEVILLE DIVORNE, P. ARCHIER und S. COEN (1988):
Composition anthocyanique des cépages. I. Essai de classification par analyse in wine
and in model solutions. *Anal. Chim. Acta*, 513, S. 325-332. In: CHEYNIER *et al.* (2006)
- ROLDÁN, A., V. PALACIOS, I. CARO und L. PÉREZ (2003):
Resveratrol content of palomino fino grapes: Influence of vintage and fungal infection.
J. Agric. Food Chem., 51, S. 1464-1468
- ROSSOUW, M. und J. MARAIS (2004):
The Phenolic Composition of South African Pinotage, Shiraz and Cabernet Sauvignon
Wines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 25, S. 94-104
- SACCHI, K.L., L.F. BISSON und D.O. ADAMS (2005):
A Review of effect of Winemaking Techniques on Phenolic Extraction in Red Wines.
Am. J. Enol. Vitic., Vol. 56, No. 3, S. 197-205
- SAPIS, J.C., J.J. MACHEIX und R.E. CORDONNIER (1983):
The browning capacity of grapes. II. Browning potential and polyphenols oxidase
activities in different mature grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 34, No. 2,
S. 157-162
- SARNECKIS, C.J., R.G. DAMBERGS, P. JONES, M. MERCURIO, M.J. HERDERICH und P.A. SMITH
(2006):
Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose:
development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis. *Austr.
J. Grape Wine Res.*, 12, S. 39-49
- SCHNEIDER, V. (1988):
Verhalten phenolischer Substanzen. *Weinwirtschaft Technik*, 3, S. 16-20
- SCHNEIDER, V. (1989):
Weinalterung (Teil I). *Weinwirtschaft Technik*, 8, S. 1-18

- SCHNEIDER, V. (1993):
Oxidative Weinalterung Teil II: Verringerung von Flavonoiden im Most und Wein. Das Deutsche Weinmagazin, 21, S. 8-14
- SCHNEIDER, V. (1997):
Rotwein – mehr als roter Wein. Das Deutsche Weinmagazin, 13, S. 15-20
- SCHNEIDER, V. (1998):
Herausforderung Rotwein. Das Deutsche Weinmagazin, 3, S. 32-37
- SCHNEIDER, V. (2000):
Gerbstoffe im Weißwein – Fruchttige Weine mit schonender Behandlung. Das Deutsche Weinmagazin, 23, S. 30-35
- SCHNEIDER, V. (2002a):
Phenole-Gerbstoffe-Tannine – Was steckt dahinter? Teil II. Das Deutsche Weinmagazin, 13, S. 26-29
- SCHNEIDER, V. (2002b):
Mostvorklärung – Was steckt dahinter? Das Deutsche Weinmagazin, 19, S. 24-27
- SCHNEIDER, V. (2006):
Alterung von Weißwein IV – Gerbstoffe im Weißwein. Der Winzer, 3, S. 6-10
- SCHOLTEN, G. und M. KACPROWSKI (1993):
1. Mitteilung: Vergleich verschiedener in der Praxis angewandter Varianten zur Beseitigung der Störfaktoren bei der *Folin-Ciocalteu*-Reaktion. Die Weinwissenschaft, 48, S. 33-38
- SECKLER, J. (1997):
Steigerung der Weinqualität durch schonende Ganztraubenpressung. Abschlussbericht über das ATW-Vorhaben Nr. 88. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- SECKLER, J. (1999):
Schonende Traubenverarbeitung. Zielgröße: Weinqualität. Das Deutsche Weinmagazin, 20, S. 12-16
- SECKLER, J. (2000):
Steigerung der Weinqualität durch schonende Ganztraubenpressung. (bisher unveröffentlichtes Manuskript)
- SECKLER, J., R. JUNG und M. FREUND (2000):
Alternative Vorklärverfahren. Abschlussbericht über das ATW-Vorhaben Nr. 102. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
- SECKLER, J., B. GAUBATZ und M. FREUND (2001):
Entrappung bei der Vollernterlese – Einfluss auf die Qualität. Das Deutsche Weinmagazin, 16, S. 26-29
- SECKLER, J., R. JUNG und M. FREUND (2001):
Einfluss der Mostvorklärung auf die Weinqualität. Deutsches Weinbaujahrbuch 2001, 52. Jg., S. 191-200

- SENTHESHANMUGANATHAN S. und S.R. ELSDEN (1958):
The Mechanism of the Formation of Tyrosol by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem. J.*, 68, S. 210-218
- SHAHIDI, F. und M. NACZK (1995):
Phenolic compounds of beverage. *Food Phenolics*, Technomic Publishing, Basel, Switzerland, S. 129-137. In: FLORIDI *et al.* (2003)
- SILIANI, S., A. MATTEI, L. BENEVIERI INNOCENTI und B. ZANONI (2006):
Bitter taste and phenolic compounds in extra virgin olive oil: an empirical relationship. *J. Food of Quality*, 29, S. 431-441
- SIMÓN, B.F., T. HERNÁNDEZ, I. ESTRELLA und C. GOMEZ-CORDOVÉS (1992):
Variation in phenol content in grapes during ripening: low molecular-weight phenols. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.*, 194, S. 351-354. In: RAMOS *et al.* (1999)
- SINGLETON, V.L. und J.A. ROSSI JR. (1965):
Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 16, No. 16, S. 144-158
- SINGLETON, V.L. und P. ESAU (1969):
Phenolic substances in grapes and wine, and their significance. Supplement 1, *Adv. Food Res.*, S. 282ff.
- SINGLETON, V.L., H.A. SIEBERHAGEN, P. DE WET und C.J. VAN WYK (1975):
Composition and sensory qualities of wines prepared from white grapes by fermentation with and without grape solids. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 26, No. 1, S. 62-69. In: WILLIAMS, OUGH und BERG (1978)
- SINGLETON, V.L. und A.C. NOBLE (1976):
Wine flavour and phenolic substances. *American Chem. Soc. Symposium Series*, 26, Washington DC. In: SCHNEIDER (2002a)
- SINGLETON, V.L. und E. TROUSDALE (1983):
White wine phenolics: Varietal and processing differences as shown by HPLC. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 34, No. 1, S. 27-34
- SINGLETON, V.L. (1987):
Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines and model systems: Observations and practical implication. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 38, No. 1, S. 69-77
- SINGLETON, V.L., (1992):
Tannins and the qualities of wines. *Plant Polyphenols: Synthesis Properties Significance*. R.W. HEMINGWAY & P.E. LAKS P.E. (Eds.), Plenum Press, New York, USA, S. 859-880. In: THORNGATE und NOBLE (1995)
- SINGLETON, V.L., R. ORTHOFER und R.M. LAMUELA-RAVENTÓS (1999):
Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of *Folin-Ciocalteu* Reagent. *Methods Enzymol.*, 299, S. 152-178
- SOUQUET J.-M., V. CHEYNIER, F. BROSSAUD und M. MOUTOUNET (1996):
Polymeric proanthocyanidins from grape skins. *Phytochemistry*, 43, S. 509-512. In: HARBERTSON *et al.* (2008)

- SOUQUET J.-M., B. LABARBE, C. LE GUERNEVE, V. CHEYNIER und M. MOUTOUNET (2000):
Phenolic composition of grape stems. *J. Agric. Food Chem.*, 48, S. 1076-1080
- SPANOS G.A. und R.E. WROLSTAD (1992):
Phenolics of Apple, Pear, and White Grape Juices and their Changes with Processing and Storage – A Review. *J. Agric. Food Chem.*, 40, S. 1478-1487
- STERN P.M. (1968):
Comparison of methods for determination of oxidizable substrates in wine, particularly phenols. Diss. University of California, Davis. In: SINGLETON (1987)
- SUN, B.S., T. PINTO, M.C. LEANDRO, J.M. RICARDO-DA-SILVA und M.I. SPRANGER (1999):
Transfer of catechins and proanthocyanidins from solid parts of the grape cluster into wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 50, No. 2, S. 179-184
- SUN, B.S., I. SPRANGER, F. ROQUE-DO-VALE, C. LEANDRO und P. BELCHIOR (2001):
Effect of different winemaking technologies on phenolic composition in Tinta Miúda red wines. *J. Agric. Food Chem.*, 49, S. 5809-5816
- TANNER, H. und H.R. BRUNNER (1987):
Getränke-Analytik. Untersuchungsmethoden für die Labor- und Betriebspraxis. Verlag Heller Chemie- und Verwaltungs GmbH, Schwabisch Hall
- TAO, J., S.I. DYKES und P.A. KILMARTIN (2007):
Effect of SO₂ Concentration on Polyphenol Development during Red Wine Micro-oxygenation. *J. Agric. Food Chem.*, 55, S. 6104-6109
- THORNGATE J.H. (1992):
Flavan-3-ols and their polymers in grapes and wines: chemical and sensory properties. Dissertation, University of California, Davis. In: PELEG *et al.* (1999)
- THORNGATE J.H. und V.L. SINGLETON (1994):
Reactions of Monomeric and Polymeric Flavan-3-ols with Monomeric Pigment in Model Wine Solutions. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol. 45, No. 3, S. 349-352
- THORNGATE J.H. und A.C. NOBLE (1995):
Sensory evaluation of bitterness and astringency of 3R(-)-epicatechin and 3S(+)-catechin. *J. Sci. Food Agric.*, 67, S. 531-535
- TROOST, G. (1988):
Technologie des Weines. Ulmer-Verlag Stuttgart, 6. neubearb. Aufl., S. 29, 179f
- VERRETE, E., A.C. NOBLE und T.C. SOMMERS (1988):
Hydroxycinnamates of *vitis vinifera*. Sensory assessment in relation to bitterness in white wine. *J. Sci. Food Agric.*, Vol. 51, S. 267-272
- VILLAÑO D., M.S. FERNÁNDEZ-PACHÓN, A.M. TRONCOSO und M.C. GARCÍA-PARRILLA (2006):
Influence of enological practices on the antioxidant activity of wines. *Food Chem.*, 95, S. 394-404
- VOGT, E. (1987):
Weinbau – Wein Lehr- und Handbuch für die Praxis und Schule. Ulmer-Verlag Stuttgart, 7. verb. u. erw. Aufl., S. 75-81

- WATERHOUSE, A.L. und V.F. LAURIE (2006):
Oxidation of Wine Phenolics: A Critical Evaluation and Hypotheses. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 57, No. 3, S. 306-313
- WATSON, B., S. PRICE, H. PING CHEN, S. YOUNG, C. LEDERER und M. MCDANIEL (1996):
Fermentation practices in Pinot Noir: Effects on color, phenols and wine quality. Proceedings for the 4th Int. Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology – Flavour Development during Fermentation, VI, S. 18-23
- WEIAND, J. (2004):
Flotation: Einfluss auf die Wein-Inhaltsstoffe. Der Deutsche Weinbau, 20, S. 18-21
- WEIK, B. (2002):
Abbeermaschinen: ein Schritt zu mehr Qualität? Der Deutsche Weinbau, 20, S. 12-16
- WENZEL, K. (1986):
Rotweinfarbstoffe – eine Übersicht. Weinwissenschaft, 41 (1), S. 51-64
- WILL, F., M. FREUND, M. CHRISTMANN UND H. DIETRICH (2004):
Chemische Zusammensetzung von Mosttruben nach unterschiedlichen Press- und Vorklärverfahren. 7. Internationales Symposium zu Innovationen der Kellerwirtschaft vom 10.-11. Mai 2004 in Stuttgart, S. 51-59
- WILLIAMS, J.T., C.S. OUGH und H.W. BERG (1978):
White wine composition and quality as influenced by method of must clarification. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 29, No. 2, S. 92-96
- Wüldig, G. UND R. Woller (1989):
Chemie des Weines. Ulmer-Verlag Stuttgart, S. 101-108, 332-336
- ZOU, H., P.A. KILMARTIN, M.J. INGLIS und A. FROST (2002):
Extraction of phenolic compounds during vinification of Pinot Noir wine examined by HPLC and cyclic voltammetry. Austr. J. Grape Wine Res., 8, S. 163-174
- ZÖFEL, P. (1988):
Statistik in der Praxis. 2. überarb. Aufl., Gustav Fischer, Stuttgart, UTB 1293

9 Eigene Publikationen

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, B. GAUBATZ, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):

Beeinflussung der Weinqualität durch die Entrappung während der Vollernterlese. Deutsches Weinbau-Jahrbuch, 55, S. 222-233

Eigenleistung: Weinausbau, Weinanalyse (Ausnahme HPLC-Analytik) und Durchführung aller sensorischen Untersuchungen erfolgte maßgeblich durch R. KÖNITZ in Zusammenarbeit mit den Koautoren. Statistische Aufbereitung und Analyse/Interpretation der Daten durch R. KÖNITZ. Konzeption und Abfassung des Artikels durch R. KÖNITZ in Abstimmung mit den Koautoren.

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):

Einfluss der Mostvorklärung auf die sensorische Qualität von Rieslingweinen aus dem Rheingau. Mitteilungen Klosterneuburg, 53, S. 166-183

Eigenleistung: Weinausbau, Weinanalyse (Ausnahme HPLC-Analytik) und Durchführung aller sensorischen Untersuchungen erfolgte maßgeblich durch R. KÖNITZ in Zusammenarbeit mit den Koautoren. Statistische Aufbereitung und Analyse/Interpretation der Daten durch R. KÖNITZ. Konzeption und Abfassung des Artikels durch R. KÖNITZ in Abstimmung mit den Koautoren.

NETZEL, M., G. STRASS, I. BITSCH, **R. KÖNITZ,** M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2002):

Einfluss moderner Traubenverarbeitung auf den Gehalt und die Bioverfügbarkeit von Resveratrolen und anderen bioaktiven Polyphenolen in deutschen Weinen. Abschlussbericht FEI/AiF-Projekt 12225 BG (bisher unveröffentlichtes Manuskript)

Eigenleistung: Weinausbau, Weinanalyse (Ausnahme HPLC-Analytik) und Durchführung aller sensorischen Untersuchungen erfolgte maßgeblich durch R. KÖNITZ in Zusammenarbeit mit den Koautoren. HPLC-Analysen der Polyphenole und Antioxidativen Kapazität durch M. NETZEL und G. STRASS. Konzeption und Abfassung des Berichtes in Gemeinschaftsarbeit aller Projektteilnehmer, vorrangig M. NETZEL und R. KÖNITZ in Abstimmung mit den übrigen Autoren.

NETZEL, M., G. STRASS, I. BITSCH, **R. KÖNITZ,** M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2003):

Effect of grape processing on selected antioxidant phenolics in red wine. Journal of Food Engineering, Vol. 56, No. 2/3, S. 223-228

Eigenleistung: Oenologischer/technologischer Versuchsaufbau und Ausbau der Versuchsrotweine erfolgte maßgeblich durch R. KÖNITZ in Zusammenarbeit mit den Koautoren. HPLC-Analysen der Polyphenole und Antioxidativen Kapazität durch M. NETZEL und G. STRASS. Konzeption und Abfassung des Artikels durch M. NETZEL in Abstimmung mit den übrigen Autoren.

Posterbeiträge auf wissenschaftlichen Veranstaltungen:

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, B. GAUBATZ, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH, I. (2003):

Einfluss der Entrappung auf Polyphenolgehalt und sensorische Eigenschaften von Rieslingweinen. Posterpräsentation beim 32. Deutschen Lebensmittelchemikertag, 08.-10. Oktober 2003, München

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH, I. (2004):

Einfluss der Mostvorklärung auf den Polyphenol-/Tyrosolgehalt und die sensorische Qualität von Rieslingweinen. Posterpräsentation beim 33. Deutschen Lebensmittelchemikertag, 13.-15. September 2004, Bonn

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2004):

Beeinflussung der Weinqualität durch die Entrappung während der Vollernterlese. Posterpräsentation beim 7. Internationales Symposium zu Innovationen der Kellerwirtschaft, Intervitis-Interfructa 2004, 11.05.-15.05.2004, Stuttgart

NETZEL, M., G. STRASS, **R. KÖNITZ**, R. JUNG, M. CHRISTMANN, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):
Verfahrensvarianten in der Rotweinbereitung – Einfluss auf die Sensorik und den Gehalt wichtiger Polyphenole im Endprodukt. 63. Jahrestagung des Regionalverbands Süd-West der Lebensmittelchemischen Gesellschaft, Fachgruppe der Gesellschaft Deutscher Chemiker, 31.03.-01.04.2003, Gießen

NETZEL, M., G. STRASS, T. FRANK, **R. KÖNITZ**, M. CHRISTMANN, R. BITSCH und I. BITSCH (2004):
Red wine as a source of in-vivo-antioxidants – investigations with a polyphenolic-rich Pinot Noir and healthy humans. Posterpräsentation beim 28th World Congress of Vine and Wine, 04.07.-09.07.2004, Wien/Österreich

STRASS, G., M. NETZEL, I. BITSCH, **R. KÖNITZ**, M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2003):
Modified vinification techniques and their impact to the polyphenolic content in red wine. Kongress New Functional Ingredients and Foods, 09.04.-11.04.2003, Kopenhagen/Dänemark

Sammelbände, Abstracts und Sonstiges

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, B. GAUBATZ, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, I. BITSCH und R. BITSCH (2003):
Einfluss der Entrappung auf Polyphenolgehalt und sensorische Eigenschaften von Rieslingweinen. Lebensmittelchemie 57, S. 154

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, B. GAUBATZ, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2005):
Einfluss der Mostvorklärung auf den Polyphenol-/Tyrosolgehalt und die sensorische Qualität von Rieslingweinen. Lebensmittelchemie 59, S. 65

KÖNITZ, R., M. FREUND, J. SECKLER, M. CHRISTMANN, M. NETZEL, G. STRASS, R. BITSCH und I. BITSCH (2004):
Beeinflussung der Weinqualität durch die Entrappung während der Vollernterlese. In: Abstract-CD-ROM (Hrsg: Deutscher Weinbauverband e.V., Bonn). 7. Internationales Symposium zu Innovationen der Kellerwirtschaft, Intervitis-Interfructa 2004, Stuttgart

NETZEL, M., G. STRASS, I. BITSCH, **R. KÖNITZ**, M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2001):
Moderne Traubenverarbeitung und ihr Einfluss auf den Polyphenolgehalt bei ausgewählten Rotweinen. In: Innovationsfeld Lebensmittel – Beiträge der Gemeinschaftsforschung, 59. FEI-Diskussionstagung 2001 (Hrsg: Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V.), Bonner Universitäts-Buchdruckerei, ISBN 3-925032-35-5, S. 153

NETZEL, M., G. STRASS, **R. KÖNITZ**, R. JUNG, M. CHRISTMANN, R. BITSCH und I. BITSCH (2003):
Verfahrensvarianten in der Rotweinbereitung – Einfluss auf die Sensorik und den Gehalt wichtiger Polyphenole im Endprodukt. Lebensmittelchemie, 57, S. 117-118

NETZEL, M., G. STRASS, T. FRANK, **R. KÖNITZ**, M. CHRISTMANN, R. BITSCH und I. BITSCH (2004):
Red wine as a source of in vivo antioxidants – investigations with a polyphenolic-rich Pinot Noir and healthy humans. In: Book of Abstracts 28th World Congress of Vine and Wine, Wien/Österreich, S. 184-186

STRASS G., M. NETZEL, I. BITSCH, **R. KÖNITZ**, M. CHRISTMANN und R. BITSCH (2003):
Modified vinification techniques and their impact to the polyphenolic content in red wine. Abstract Book: P2-B06. New Functional Ingredients and Foods, Copenhagen/Denmark

Anhang

10 Anhang

10.1 Wetterdaten der Jahrgänge 2000 und 2001 am Standort

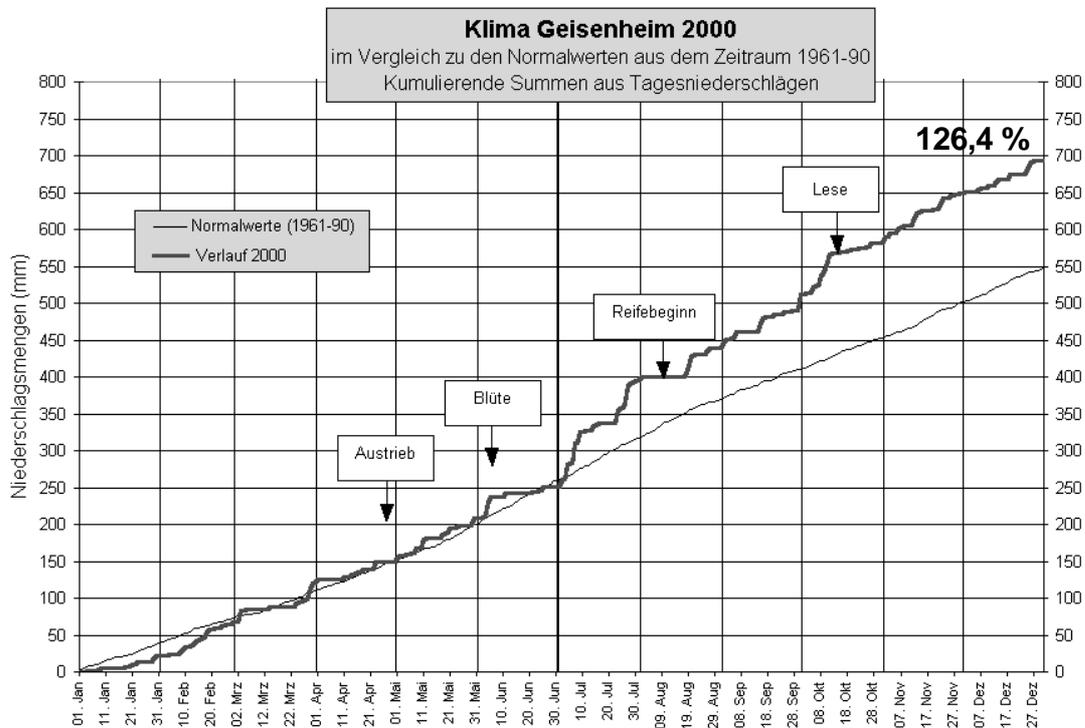


Abb. 72: Kumulierende Summen aus den Tagesniederschlägen im Jahr 2000 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2000)

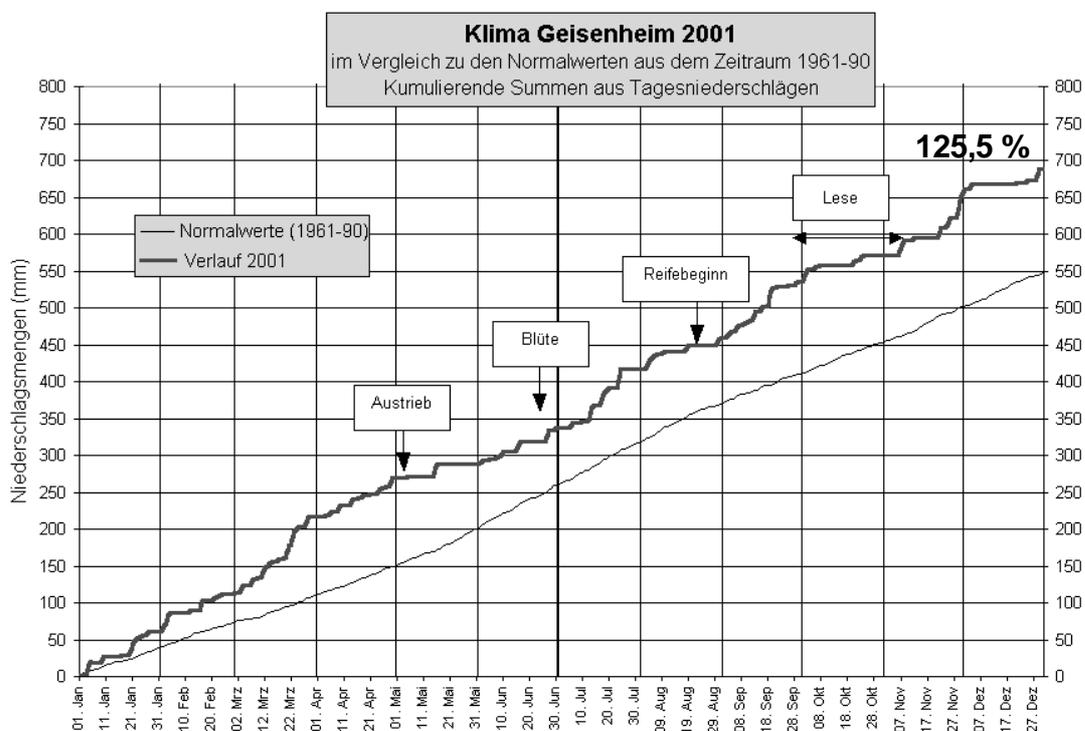


Abb. 73: Kumulierende Summen aus den Tagesniederschlägen im Jahr 2001 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2001)

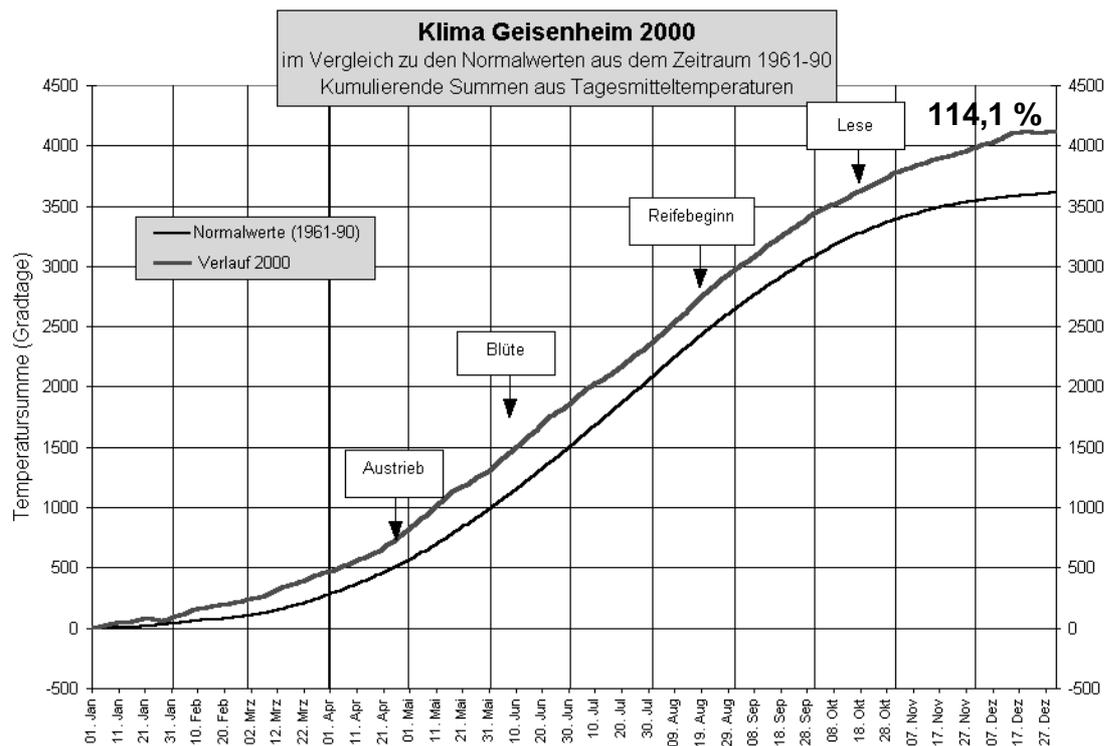


Abb. 74: Kumulierende Summen aus den Tagesmitteltemperaturen im Jahr 2000 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2000)

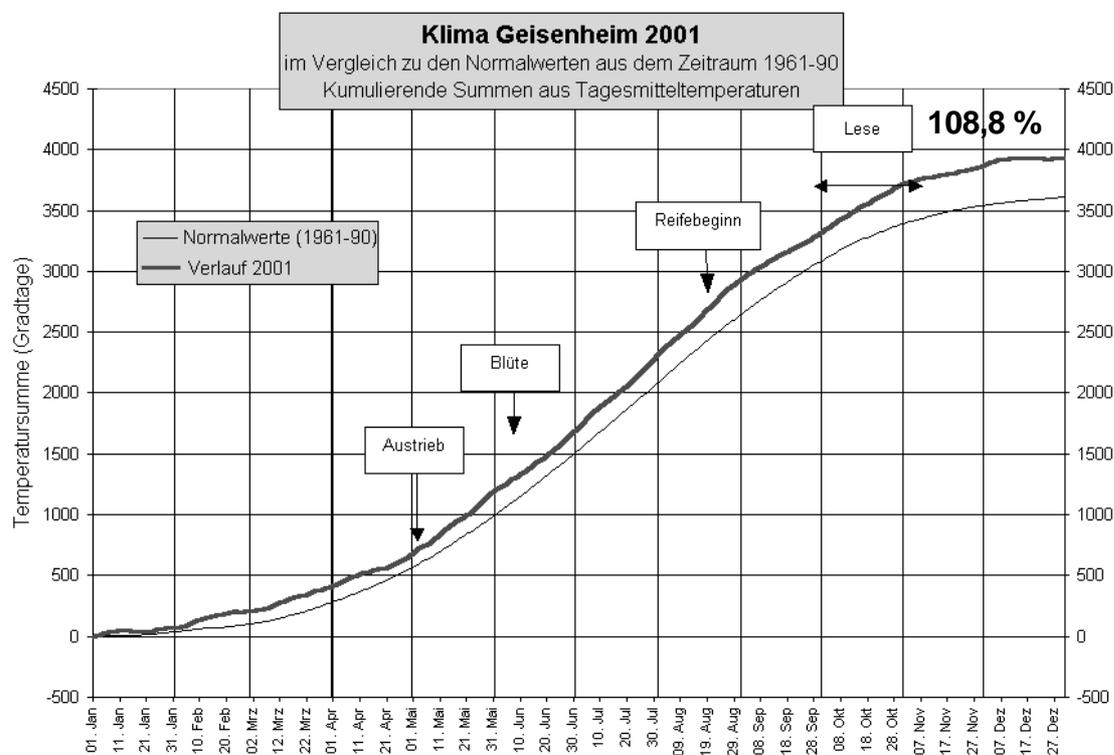


Abb. 75: Kumulierende Summen aus den Tagesmitteltemperaturen im Jahr 2001 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2001)

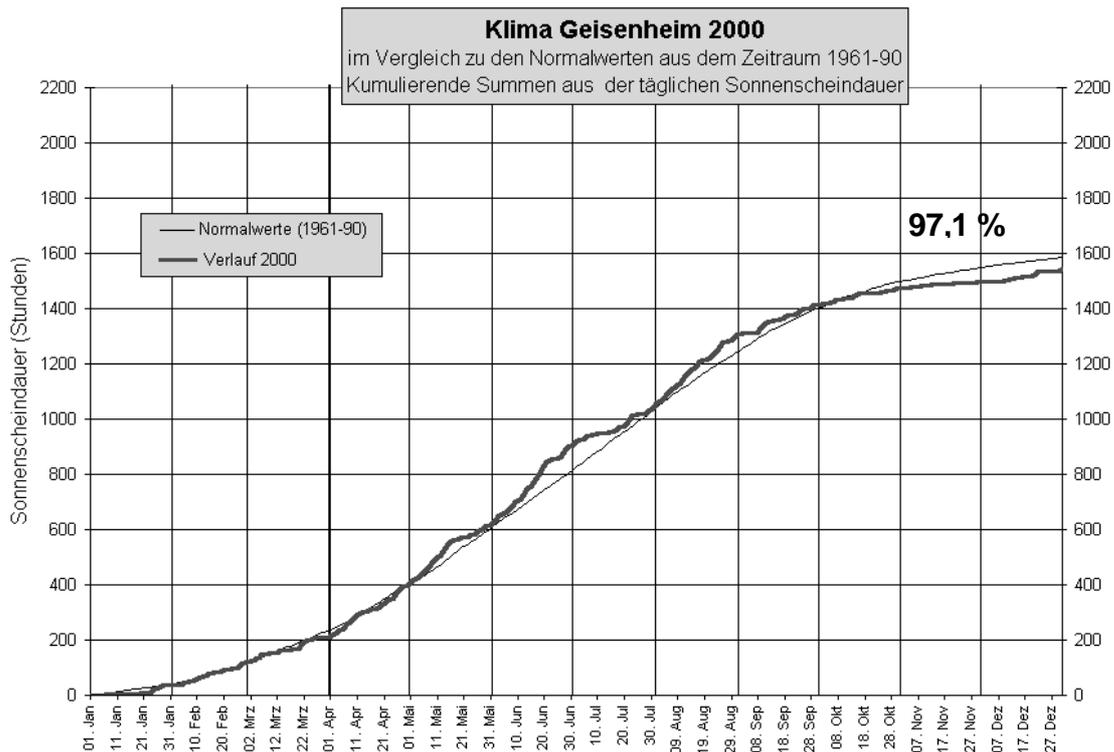


Abb. 76: Kumulierende Summen aus der täglichen Sonnenscheindauer im Jahr 2000 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2000)

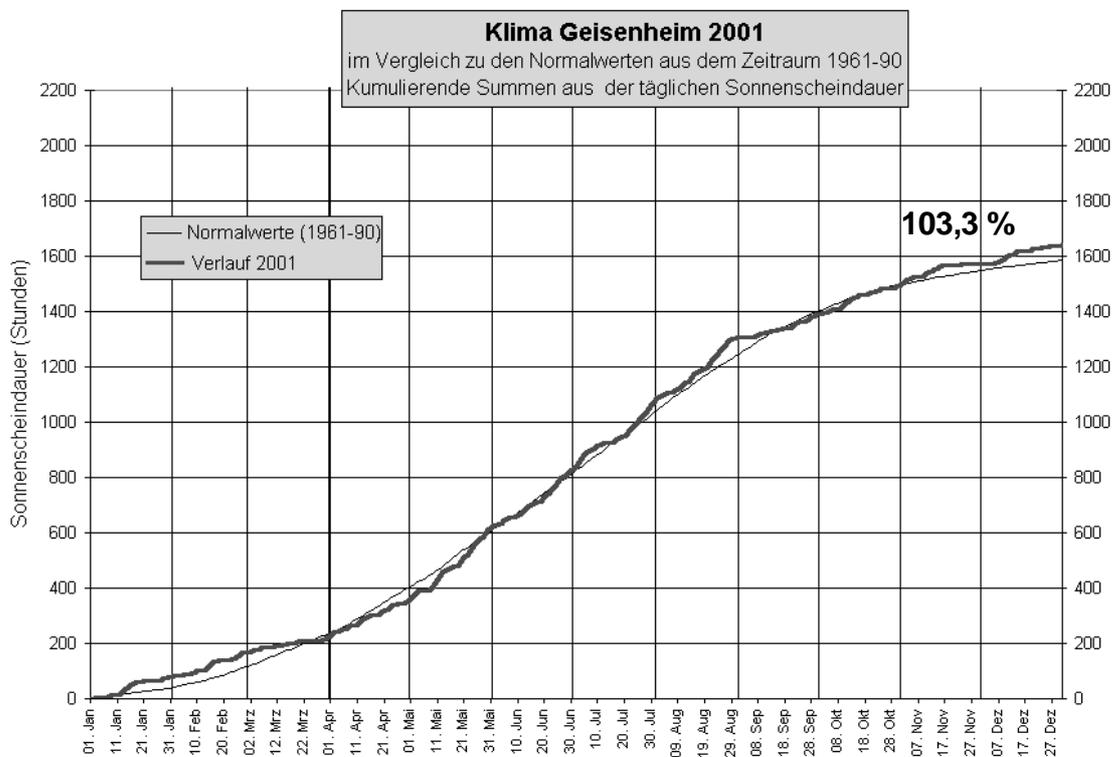


Abb. 77: Kumulierende Summen aus der täglichen Sonnenscheindauer im Jahr 2001 am Standort Geisenheim (Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST 2001)

10.2 Standardisierter Versuchsweinausbau für Weißwein

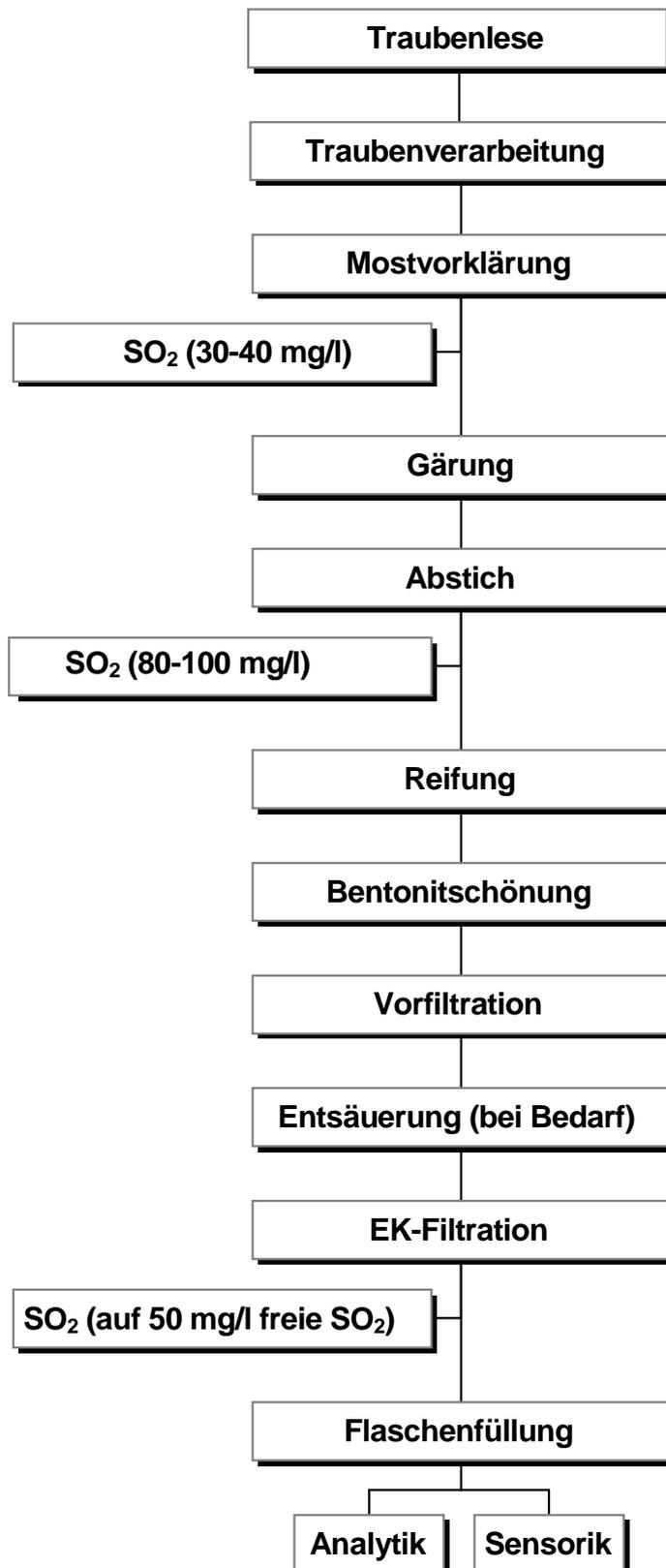


Abb. 78: Standardisierter Versuchsweinausbau für Weißwein am Fachgebiet Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim

10.3 Eichgeraden der photometrischen Bestimmungsmethoden

Gesamtphenolbestimmung

mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz (FCR) nach der Mikromethode

Eichgerade

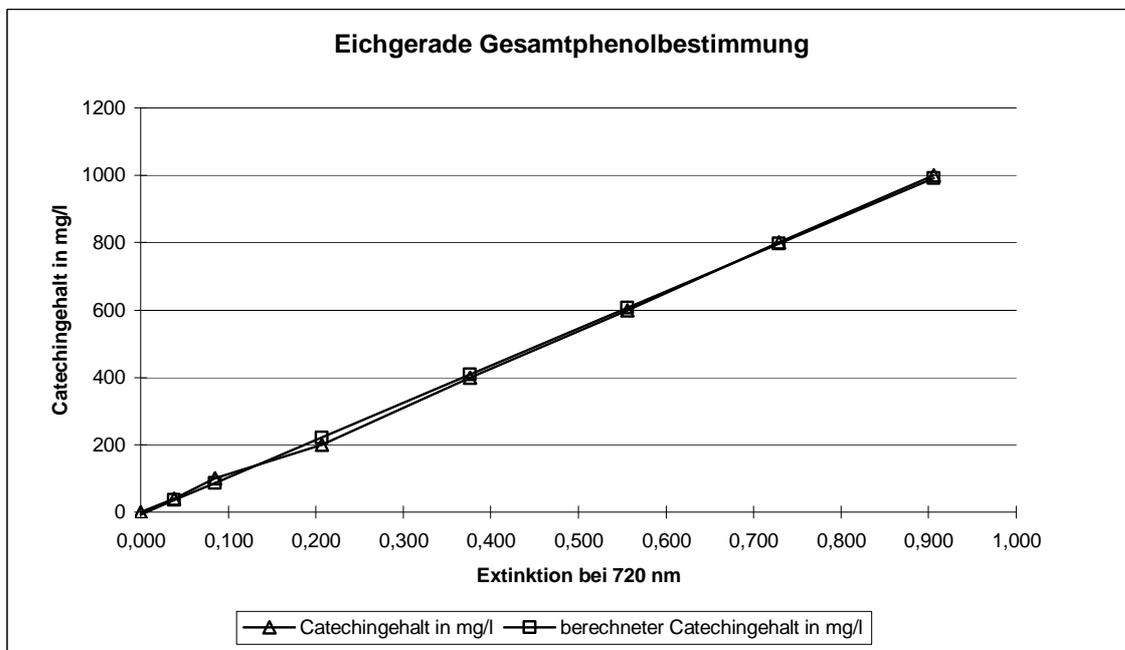
Erstellt am 11.12.2000

Eichgerade $y = 1.102,23 x - 6,644082047$

Bestimmtheitsmaß r^2 0,9991

Blindwert 0,151

Laufende- nummer	Extinktion bei 720 nm	Extinktion abzüglich Blindwert	Catechingehalt in mg/l	berechneter Catechingehalt in mg/l
1	0,151	0,000	0	-7
2	0,189	0,038	40	35
3	0,236	0,085	100	87
4	0,358	0,207	200	222
5	0,527	0,376	400	408
6	0,707	0,556	600	606
7	0,880	0,729	800	797
8	1,057	0,906	1000	992



Bestimmung des TEAC-Wertes

Eichgerade

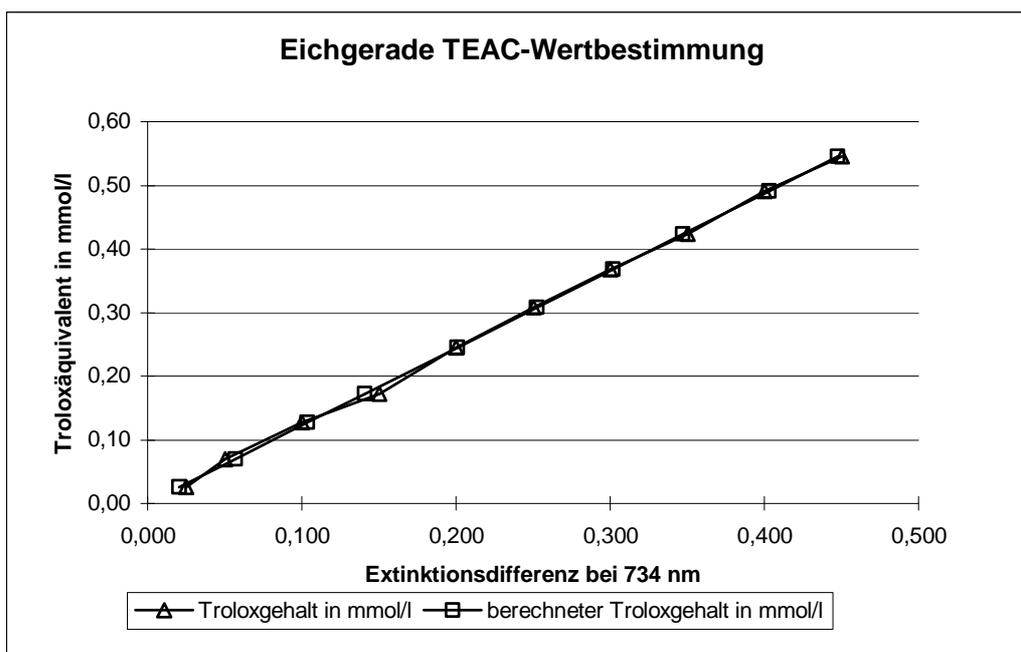
Erstellt am 12.01.2001

Eichgerade	$y =$	$0,82 x -$	$0,001$
------------	-------	------------	---------

Bestimmtheitsmaß r^2	$1,00$
------------------------	--------

Blindwert	$0,712$
-----------	---------

Laufende- nummer	Extinktion bei 734 nm	Extinktion abzüglich Blindwert	Troloxgehalt in mmol/l	berechneter Troloxgehalt in mmol/l
1	0,686	0,026	0,025	0,02
2	0,642	0,070	0,050	0,06
3	0,585	0,127	0,100	0,10
4	0,540	0,172	0,150	0,14
5	0,467	0,245	0,200	0,20
6	0,404	0,308	0,250	0,25
7	0,344	0,368	0,300	0,30
8	0,289	0,423	0,350	0,35
9	0,221	0,491	0,400	0,40
10	0,167	0,545	0,450	0,45



10.4 Datensätze der statistischen Ergebnisauswertung

10.4.1 Vollernterlese mit bzw. ohne Entrappungsvorgang

Tab. 23: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Traubenverarbeitungsvarianten (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I)

Versuchsvariante	Jahrgang	Citrus	Ananas	grüner Apfel	Pfirsich	blumig	frisches Gras
Riesling entrappt	2000	1,19	0,97	1,08	0,62	0,89	0,84
Riesling nicht entrappt	2000	1,19	1,00	1,00	0,84	1,03	0,59
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	0,33	0,50	0,44	0,44	0,89	0,78
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	1,00	0,83	1,25	1,08	1,25	0,50
Ganztraubenpressung	2000	1,26	0,95	0,90	0,69	0,92	1,05
Maischepressung	2000	0,69	0,92	0,69	0,31	0,62	0,92
Standardpressprogramm	2000	0,67	0,75	0,67	0,58	1,42	1,08
Cremantpressprogramm	2000	1,00	0,83	0,92	0,33	0,92	0,58
VE mit Entrapper + HTWS	2000	1,05	0,63	1,26	0,58	0,79	0,74
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	1,26	1,11	0,84	1,00	1,32	0,47
Riesling entrappt	2001	1,71	0,86	1,43	0,90	0,90	1,05
Riesling nicht entrappt	2001	1,48	0,95	1,38	0,86	0,52	0,95
Sedimentation Mostvorklärung	2001	1,30	1,20	1,20	0,70	0,70	1,20
Maischepressung	2001	1,22	1,22	0,87	0,78	0,91	0,65
Ganztraubenpressung	2001	1,52	1,00	1,13	0,96	1,04	0,78
Standardpressprogramm	2001	1,60	0,70	1,30	0,50	0,70	1,20
Cremantpressprogramm	2001	1,10	1,10	1,10	1,10	0,90	1,10
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	1,00	1,00	0,82	0,91	1,00	1,09
VE I mit Entrapper + TWP	2001	1,36	0,82	1,18	0,91	0,73	0,64
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	1,27	1,36	1,18	1,00	1,36	0,73
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	1,73	1,00	1,09	1,27	1,18	0,73
VE II mit Entrapper + TWP	2001	1,36	1,36	1,00	1,00	0,73	0,91
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	1,09	1,36	0,55	0,91	1,00	0,36

Versuchsvariante	Jahrgang	Honig	Petrol	UTA	Phenol I ("phenolisch")	Phenol II ("rappig")	Geruchs- intensität
Riesling entrappt	2000	0,62	0,81	0,43	0,81	0,68	1,39
Riesling nicht entrappt	2000	0,89	0,59	0,32	0,89	0,62	1,19
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	0,39	1,06	1,33	0,67	1,11	1,11
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	1,42	0,33	0,25	0,42	0,75	1,00
Ganztraubenpressung	2000	0,62	0,36	0,31	0,72	0,79	0,74
Maischepressung	2000	0,85	1,54	1,00	1,08	1,23	1,69
Standardpressprogramm	2000	0,67	0,92	0,17	0,75	0,58	0,83
Cremantpressprogramm	2000	1,00	0,75	0,50	0,58	0,92	1,33
VE mit Entrapper + HTWS	2000	0,58	1,00	0,42	0,84	1,00	1,21
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	1,21	0,63	0,26	0,42	0,42	1,58
Riesling entrappt	2001	0,67	0,38	0,24	0,57	0,57	1,18
Riesling nicht entrappt	2001	0,48	0,43	0,38	0,62	0,43	0,64
Sedimentation Mostvorklärung	2001	0,30	0,40	0,40	0,70	0,70	0,55
Maischepressung	2001	0,83	0,48	0,39	0,96	0,83	0,48
Ganztraubenpressung	2001	0,74	0,83	0,39	1,00	0,87	1,35
Standardpressprogramm	2001	1,00	0,60	0,30	1,20	0,80	1,10
Cremantpressprogramm	2001	1,20	0,40	0,20	1,00	0,40	1,50
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	0,82	0,73	1,00	0,82	0,73	-0,18
VE I mit Entrapper + TWP	2001	0,82	0,73	1,00	0,55	0,64	0,18
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	1,00	0,82	0,64	0,73	0,82	-0,55
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	0,73	0,45	0,73	0,55	0,36	0,36
VE II mit Entrapper + TWP	2001	0,64	0,36	0,36	0,64	0,64	0,64
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	0,64	0,45	0,36	0,55	0,36	0,45

Tab. 24: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Traubenverarbeitungsvarianten (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II)

Versuchsvariante	Jahrgang	Geruchsqualität	fruchtiger Geruch	Geschmacksintensität	Geschmacksqualität	fruchtiger Geschmack	Süße
Riesling entrappt	2000	0,68	0,62	0,94	-0,11	0,08	-1,22
Riesling nicht entrappt	2000	0,92	1,03	1,14	0,49	0,94	-0,81
Sedimentation Mostvorklä rung I	2000	-0,39	-0,67	0,17	-0,94	-1,44	-1,39
Sedimentation Mostvorklä rung II	2000	0,33	0,33	1,17	0,58	0,08	-1,25
Ganztraubenpressung	2000	0,00	-0,33	0,85	-0,26	-0,21	-0,97
Maischepressung	2000	-1,85	-1,31	1,08	-2,08	-1,23	-1,08
Standardpressprogramm	2000	-0,08	-0,08	0,00	-0,33	-0,42	-1,58
Cremantpressprogramm	2000	0,42	0,08	1,08	0,08	-0,17	-1,17
VE mit Entrapper + HTWS	2000	0,42	0,00	0,79	-0,05	-0,37	-1,11
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	1,21	0,84	1,00	0,33	0,26	-0,84
Riesling entrappt	2001	0,82	0,55	1,00	-0,05	0,27	-1,23
Riesling nicht entrappt	2001	-0,14	-0,41	0,59	-0,36	-0,18	-1,55
Sedimentation Mostvorklä rung	2001	0,09	0,20	0,91	0,55	0,64	-1,27
Maischepressung	2001	0,13	-0,17	0,43	-0,43	-0,13	-1,39
Ganztraubenpressung	2001	0,48	0,43	0,87	0,17	0,13	-1,13
Standardpressprogramm	2001	0,60	-0,11	1,20	0,50	0,20	-0,60
Cremantpressprogramm	2001	0,00	0,00	1,80	0,40	0,60	0,30
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	0,82	-0,18	-0,45	0,09	-0,55	-0,91
VE I mit Entrapper + TWP	2001	1,27	0,27	0,18	0,91	0,09	-1,00
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	0,73	0,09	0,18	0,18	-0,10	-1,09
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	1,18	1,18	0,73	0,27	0,55	-1,18
VE II mit Entrapper + TWP	2001	0,82	-0,09	-0,27	0,36	0,00	-1,09
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	0,73	0,64	0,64	0,09	0,18	-1,27

Versuchsvariante	Jahrgang	Säure	Körper	Gerbstoffe	Farbe	Gleichgewicht	Reintönigkeit
Riesling entrappt	2000	0,84	0,49	-0,24	0,89	-0,19	0,32
Riesling nicht entrappt	2000	0,54	1,00	-0,30	0,59	0,62	1,14
Sedimentation Mostvorklä rung I	2000	0,22	0,35	0,17	0,44	-0,67	-0,33
Sedimentation Mostvorklä rung II	2000	-0,50	0,58	-1,00	1,17	0,50	1,50
Ganztraubenpressung	2000	0,41	0,46	-0,51	0,10	-0,05	0,44
Maischepressung	2000	0,38	0,00	0,23	0,15	-1,38	-1,00
Standardpressprogramm	2000	0,25	-0,17	0,17	-0,25	-0,17	0,67
Cremantpressprogramm	2000	0,42	-0,08	0,08	1,50	-0,17	0,83
VE mit Entrapper + HTWS	2000	1,16	0,37	0,05	1,16	-0,32	0,47
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	0,32	0,89	-0,32	2,00	0,26	0,84
Riesling entrappt	2001	1,45	0,05	0,00	0,86	0,09	1,05
Riesling nicht entrappt	2001	1,73	-0,05	0,23	0,68	-0,27	0,64
Sedimentation Mostvorklä rung	2001	0,73	0,91	-0,82	0,09	0,82	1,27
Maischepressung	2001	0,70	-0,57	0,04	-0,04	-0,09	0,43
Ganztraubenpressung	2001	0,91	0,70	-0,57	1,00	0,13	0,57
Standardpressprogramm	2001	1,20	0,60	0,10	1,30	0,70	1,00
Cremantpressprogramm	2001	0,70	0,90	-0,80	1,20	0,78	1,20
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	0,73	0,09	-0,27	0,18	-0,09	0,36
VE I mit Entrapper + TWP	2001	0,91	0,73	-0,27	-0,45	0,45	0,18
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	1,36	0,09	-0,36	-0,09	-0,09	0,64
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	1,00	0,18	0,09	-0,18	0,36	1,18
VE II mit Entrapper + TWP	2001	0,91	0,18	0,09	-0,36	0,00	0,82
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	1,18	0,00	0,27	0,64	0,18	1,18

Tab. 25: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Traubenverarbeitungsvarianten (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil III)

Versuchsvariante	Jahrgang	Gesamturteil	Anzahl der Verkoster
Riesling entrappt	2000	0,27	19
Riesling nicht entrappt	2000	1,05	19
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	-0,50	18
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	0,92	12
Ganztraubenpressung	2000	0,15	13
Maischepressung	2000	-1,69	13
Standardpressprogramm	2000	0,58	12
Cremantpressprogramm	2000	0,42	12
VE mit Entrapper + HTWS	2000	-0,11	19
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	0,79	19
Riesling entrappt	2001	0,59	12
Riesling nicht entrappt	2001	0,05	12
Sedimentation Mostvorklärung	2001	0,91	11
Maischepressung	2001	-0,09	12
Ganztraubenpressung	2001	0,22	12
Standardpressprogramm	2001	0,90	10
Cremantpressprogramm	2001	0,40	10
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	0,09	11
VE I mit Entrapper + TWP	2001	0,09	11
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	0,45	11
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	0,73	11
VE II mit Entrapper + TWP	2001	0,36	11
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	0,82	11

Tab. 26: Ergebnisse der Mostanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I)

Versuchsvariante	Jahrgang	Mostgewicht [°Oechsle]	Gesamtsäure [g/l]	Weinsäure [g/l]	pH-Wert	Sedimentationstrub [%w/v]	Schleudertrub [%w/w]
Riesling entrappt	2000	80	11,1	5,1	3,0	8	2,08
Riesling nicht entrappt	2000	78	11,4	5,7	3,0	5	1,14
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	78	11,3	4,6	3,1	9	1,77
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	78	11,4	5,7	3,0	5	1,10
Ganztraubenpressung	2000	78	11,0	5,1	3,1	4	0,80
Maischepressung	2000	78	10,8	5,2	3,2	20	2,50
Standardpressprogramm	2000	75	9,9	5,3	3,2	6	0,71
Cremantpressprogramm	2000	75	10,0	5,3	3,2	4	0,56
VE mit Entrapper + HTWS	2000	78	11,3	4,3	3,1	11	1,39
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	80	11,7	5,3	3,1	10	0,95
Riesling entrappt	2001	84	9,4	5,5	3,1	12	1,53
Riesling nicht entrappt	2001	84	9,6	5,8	3,1	15	1,98
Sedimentation Mostvorklärung	2001	86	11,0	8,3	3,1	9	1,68
Maischepressung	2001	90	8,3	5,3	3,1	12	1,64
Ganztraubenpressung	2001	93	8,9	5,8	3,1	5	0,80
Standardpressprogramm	2001	90	10,3	7,1	3,1	7	0,53
Cremantpressprogramm	2001	91	10,6	7,8	3,0	8	0,50
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	84	10,1	7,1	3,1	3	0,94
VE I mit Entrapper + TWP	2001	85	10,3	7,2	3,1	9	1,68
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	85	9,2	5,0	3,2	8	1,29
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	88	9,6	5,9	3,0	8	1,58
VE II mit Entrapper + TWP	2001	88	9,7	5,9	3,0	14	2,26
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	87	9,8	6,4	3,0	12	2,13

Tab. 27: Ergebnisse der Mostanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II)

Versuchsvariante	Jahrgang	Resttrub [%w/w]	Gesamt-phenolgehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	Resveratrole ¹ [mg/l]	Phenol-carbonsäuren ¹ [mg/l]
Riesling entrappt	2000	-	393	1,0	2,9	0,2	6,3
Riesling nicht entrappt	2000	-	430	2,7	1,1	0,2	6,3
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	0,21	408	1,7	-	-	-
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	0,11	366	0,8	-	-	-
Ganztraubenpressung	2000	-	376	-	2,3	0,2	2,4
Maischepressung	2000	-	428	-	2,7	0,3	1,5
Standardpressprogramm	2000	-	390	0,8	3,2	2,1	3,5
Crementpressprogramm	2000	-	425	0,9	2,3	2,2	2,6
VE mit Entrapper + HTWS	2000	-	366	1,4	0,9	0,3	7,0
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	-	371	1,3	0,3	0,3	6,7
Riesling entrappt	2001	-	226	1,2	1,1	0,7	1,8
Riesling nicht entrappt	2001	-	237	1,5	1,0	0,8	0,7
Sedimentation Mostvorklärung	2001	0,06	374	2,5	2,5	1,6	2,3
Maischepressung	2001	-	432	2,8	0,9	0,1	2,1
Ganztraubenpressung	2001	-	262	1,5	1,6	0,2	0,2
Standardpressprogramm	2001	-	225	0,8	3,0	0,4	1,0
Crementpressprogramm	2001	-	177	0,9	10,0	2,3	0,3
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	-	284	1,7	0,3	0,2	0,1
VE I mit Entrapper + TWP	2001	-	319	2,1	1,5	1,8	0,1
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	-	325	2,3	0,4	0,6	1,4
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	-	277	1,7	10,9	2,2	1,3
VE II mit Entrapper + TWP	2001	-	289	1,6	9,6	2,1	0,7
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	-	306	1,6	1,4	1,6	0,8

Versuchsvariante	Jahrgang	Tyrosol ¹ [mg/l]
Riesling entrappt	2000	4,3
Riesling nicht entrappt	2000	3,3
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	-
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	-
Ganztraubenpressung	2000	8,5
Maischepressung	2000	10,2
Standardpressprogramm	2000	0,6
Crementpressprogramm	2000	0,3
VE mit Entrapper + HTWS	2000	2,2
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	4,4
Riesling entrappt	2001	0,4
Riesling nicht entrappt	2001	0,3
Sedimentation Mostvorklärung	2001	0,1
Maischepressung	2001	0,0
Ganztraubenpressung	2001	0,8
Standardpressprogramm	2001	1,0
Crementpressprogramm	2001	1,3
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	0,1
VE I mit Entrapper + TWP	2001	0,3
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	0,3
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	3,8
VE II mit Entrapper + TWP	2001	3,5
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	9,1

Tab. 28: Ergebnisse der Weinanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I)

Versuchsvariante	Jahrgang	Alkoholgehalt [%v/v]	Extraktgehalt [g/l]	Restextrakt [g/l]	Restzucker [g/l]	Gesamtsäure [g/l]	Weinsäure [g/l]
Riesling entrappt	2000	12,4	22,4	7,1	2,6	8,4	2,2
Riesling nicht entrappt	2000	12,1	22,0	7,4	2,6	7,9	2,2
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	12,4	24,3	9,8	2,0	7,6	1,3
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	11,9	22,2	9,9	3,0	5,5	1,5
Ganztraubenpressung	2000	12,3	22,7	7,8	3,5	8,0	2,3
Maischepressung	2000	11,9	22,9	8,5	1,5	7,6	2,0
Standardpressprogramm	2000	12,7	20,2	6,2	3,7	7,2	1,7
Cremantpressprogramm	2000	12,6	21,7	7,3	2,2	7,5	1,7
VE mit Entrapper + HTWS	2000	12,6	23,8	9,2	2,3	7,6	1,1
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	12,6	24,3	9,7	2,9	7,6	1,1
Riesling entrappt	2001	11,6	22,3	6,2	2,8	9,4	3,7
Riesling nicht entrappt	2001	11,8	21,8	5,7	1,9	9,3	4,0
Sedimentation Mostvorklärung	2001	11,6	22,8	6,2	6,1	9,7	4,3
Maischepressung	2001	12,7	21,9	7,2	4,2	7,5	3,0
Ganztraubenpressung	2001	12,8	23,6	8,5	5,5	7,7	3,2
Standardpressprogramm	2001	11,9	22,7	6,4	10,6	9,4	3,8
Cremantpressprogramm	2001	11,8	22,9	6,1	13,2	9,8	4,5
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	12,7	21,4	6,4	2,2	8,0	2,8
VE I mit Entrapper + TWP	2001	12,9	21,7	6,6	2,6	8,0	2,6
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	12,8	21,1	6,5	1,4	7,5	2,4
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	12,2	22,4	7,4	2,2	8,1	2,7
VE II mit Entrapper + TWP	2001	11,7	21,9	7,4	2,1	7,8	2,7
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	12,1	22,5	7,4	1,9	8,1	2,9

Versuchsvariante	Jahrgang	Freie SO ₂ [mg/l]	Gesamte SO ₂ [mg/l]	pH-Wert	Dichte	Gesamtphenolgehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]
Riesling entrappt	2000	49	164	3,1	0,9930	292	2,9
Riesling nicht entrappt	2000	37	163	3,1	0,9933	275	2,8
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	35	107	3,5	0,9936	303	3,5
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	26	129	3,6	0,9937	316	3,4
Ganztraubenpressung	2000	41	130	3,3	0,9936	244	2,7
Maischepressung	2000	34	119	3,3	0,9934	273	2,9
Standardpressprogramm	2000	31	118	3,3	0,9922	246	2,4
Cremantpressprogramm	2000	23	118	3,2	0,9923	282	2,7
VE mit Entrapper + HTWS	2000	25	130	3,4	0,9932	292	2,7
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	22	136	3,4	0,9937	302	2,7
Riesling entrappt	2001	48	120	3,1	0,9940	232	2,7
Riesling nicht entrappt	2001	45	124	3,0	0,9933	241	2,7
Sedimentation Mostvorklärung	2001	54	131	3,0	0,9955	259	3,0
Maischepressung	2001	42	107	3,1	0,9931	241	3,5
Ganztraubenpressung	2001	53	126	3,2	0,9944	250	3,2
Standardpressprogramm	2001	50	132	3,0	0,9969	203	3,1
Cremantpressprogramm	2001	46	120	3,0	0,9981	204	3,0
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	48	125	3,1	0,9921	213	2,7
VE I mit Entrapper + TWP	2001	58	139	3,1	0,9921	251	3,0
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	50	128	3,1	0,9916	220	2,8
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	50	130	3,2	0,9931	277	2,9
VE II mit Entrapper + TWP	2001	43	114	3,2	0,9935	292	3,1
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	53	133	3,2	0,9931	290	3,2

Tab. 29: Ergebnisse der Weinanalytik der Traubenverarbeitungsvarianten der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II)

Versuchsvariante	Jahrgang	Extinktion 420 nm	Summe HPLC- Phenole ¹ [mg/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	Resveratrol ¹ [mg/l]	Phenol- carbonsäuren ¹ [mg/l]	Tyrosol ¹ [mg/l]
Riesling entrappt	2000	0,101	40,3	7,5	2,8	17,5	12,5
Riesling nicht entrappt	2000	0,094	32,4	5,0	2,8	15,4	9,2
Sedimentation Mostvorklärung I	2000	0,089	-	-	-	-	-
Sedimentation Mostvorklärung II	2000	0,109	21,3	3,4	6,9	4,1	6,9
Ganztraubenpressung	2000	0,156	53,4	11,8	0,9	2,2	38,5
Maischepressung	2000	0,156	60,0	12,6	1,9	2,5	43,0
Standardpressprogramm	2000	0,104	24,8	2,6	6,1	4,1	12,0
Cremantpressprogramm	2000	0,096	28,3	1,8	7,3	7,1	12,1
VE mit Entrapper + HTWS	2000	0,126	46,0	14,8	3,4	17,0	10,8
VE ohne Entrapper + HTWS	2000	0,149	36,3	6,5	3,0	15,9	10,9
Riesling entrappt	2001	0,176	36,6	14,3	2,2	6,2	13,9
Riesling nicht entrappt	2001	0,185	47,6	17,0	1,4	3,4	25,8
Sedimentation Mostvorklärung	2001	0,170	35,1	16,9	4,2	4,6	9,4
Maischepressung	2001	0,138	29,5	1,8	1,2	7,7	18,8
Ganztraubenpressung	2001	0,163	24,5	2,4	3,1	7,5	11,5
Standardpressprogramm	2001	0,168	30,6	11,2	3,0	4,2	12,2
Cremantpressprogramm	2001	0,163	31,2	12,4	1,3	4,2	13,3
VE I mit Entrapper + HTWS	2001	0,165	44,9	2,8	8,0	3,7	30,4
VE I mit Entrapper + TWP	2001	0,146	50,0	4,8	4,6	3,1	37,5
VE I ohne Entrapper + TWP	2001	0,140	43,3	5,2	4,2	4,3	29,6
VE II mit Entrapper + HTWS	2001	0,177	36,5	9,8	10,9	5,1	10,7
VE II mit Entrapper + TWP	2001	0,170	43,0	13,9	7,9	12,1	9,1
VE II ohne Entrapper + TWP	2001	0,177	31,1	3,3	12,0	7,3	8,5

¹ Die HPLC-Analytik (Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5) wurde im Rahmen des gemeinsamen FEI/AiF-Projektes 12225 BG am Institut für Ernährungswissenschaften, LS Humanernährung, der Friedrich-Schiller Universität Jena durchgeführt.

10.4.2 Vergleich verschiedener Verfahren der Mostvorklärung

Tab. 30: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Mostvorklärungsversuche (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I)

Versuchsvariante	Jahrgang	Citrus	Ananas	grüner Apfel	Pflirsich	blumig	frisches Gras
Kontrolle	2000	0,44	0,44	0,39	0,33	0,61	0,78
Separator	2000	0,78	0,72	0,83	0,83	0,94	0,61
Flotation	2000	0,83	0,61	0,61	0,61	0,67	0,89
Sedimentation	2000	0,33	0,50	0,44	0,44	0,89	0,78
Vakuumdrehfilter	2000	1,22	1,00	1,11	1,06	1,06	1,00
Kontrolle	2000	0,50	0,58	0,83	0,25	1,00	0,42
Separator	2000	0,67	1,17	1,17	0,75	0,92	0,50
Flotation	2000	0,92	0,67	0,92	0,67	1,25	0,67
Sedimentation	2000	1,00	0,83	1,25	1,08	1,25	0,50
Kontrolle	2001	1,00	0,90	1,10	0,80	0,70	1,30
Sedimentation	2001	1,30	1,20	1,20	0,70	0,70	1,20
Separator	2001	1,10	1,10	1,20	1,20	0,80	0,90
Vakuumdrehfilter	2001	1,30	1,40	1,30	1,30	1,00	0,60
Flotation	2001	0,80	1,00	0,60	0,70	0,70	0,60

Versuchsvariante	Jahrgang	Honig	Petrol	UTA	Phenol I ("phenolisch")	Phenol II ("rappig")	Geruchs- intensität
Kontrolle	2000	0,28	0,89	1,56	0,89	1,11	1,39
Separator	2000	0,78	0,83	0,72	0,78	0,61	0,83
Flotation	2000	0,56	0,94	1,11	0,78	0,78	1,00
Sedimentation	2000	0,39	1,06	1,33	0,67	1,11	1,11
Vakuumdrehfilter	2000	0,44	0,50	0,28	0,50	0,89	1,33
Kontrolle	2000	0,75	0,92	1,75	1,00	1,17	1,50
Separator	2000	0,92	0,42	0,42	0,58	0,75	1,08
Flotation	2000	0,92	0,75	0,42	0,83	0,92	1,00
Sedimentation	2000	1,42	0,33	0,25	0,42	0,75	1,00
Kontrolle	2001	0,60	0,70	0,60	0,90	1,00	1,00
Sedimentation	2001	0,30	0,40	0,40	0,70	0,70	0,55
Separator	2001	0,60	0,40	0,10	0,70	0,40	1,36
Vakuumdrehfilter	2001	0,70	0,40	0,60	1,10	0,60	0,82
Flotation	2001	0,60	0,40	0,20	0,90	0,40	0,45

Versuchsvariante	Jahrgang	Geruchs- qualität	fruchtiger Geruch	Geschmacks- intensität	Geschmacks- qualität	fruchtiger Geschmack	Süße
Kontrolle	2000	-0,89	-1,06	0,72	-1,56	-1,33	-1,22
Separator	2000	0,94	0,44	0,67	0,41	0,28	-0,78
Flotation	2000	-0,11	-0,44	0,50	-0,56	-0,28	-1,33
Sedimentation	2000	-0,39	-0,67	0,17	-0,94	-1,44	-1,39
Vakuumdrehfilter	2000	0,78	0,61	0,50	0,39	0,39	-0,67
Kontrolle	2000	-1,42	-1,25	1,50	-1,50	-1,75	-1,83
Separator	2000	-0,08	-0,50	1,00	0,17	-0,58	-1,00
Flotation	2000	0,08	0,25	1,17	0,27	-0,36	-1,33
Sedimentation	2000	0,33	0,33	1,17	0,58	0,08	-1,25
Kontrolle	2001	-0,82	-0,64	0,45	-0,91	-0,82	-1,82
Sedimentation	2001	0,09	0,20	0,91	0,55	0,64	-1,27
Separator	2001	0,45	0,45	0,91	0,27	0,64	-2,00
Vakuumdrehfilter	2001	0,55	0,36	1,00	0,09	0,00	-1,91
Flotation	2001	-0,91	-1,27	0,55	-1,27	-0,64	-1,91

Versuchsvariante	Jahrgang	Säure	Körper	Gerbstoffe	Farbe	Gleich- gewicht	Reintönigkeit
Kontrolle	2000	0,59	0,17	0,89	0,33	-1,28	-0,56
Separator	2000	0,39	0,76	-0,44	0,83	0,82	0,94
Flotation	2000	0,61	0,00	-0,11	-0,22	-0,17	0,00
Sedimentation	2000	0,22	0,35	0,17	0,44	-0,67	-0,33
Vakuumdrehfilter	2000	0,28	0,44	-0,78	0,89	0,61	1,00
Kontrolle	2000	-0,17	-0,42	0,58	0,92	-1,25	-1,00
Separator	2000	-0,17	-0,08	-0,50	1,75	-0,17	0,75
Flotation	2000	0,17	0,33	0,33	1,67	0,00	0,58
Sedimentation	2000	-0,50	0,58	-1,00	1,17	0,50	1,50
Kontrolle	2001	1,09	-0,36	0,18	0,27	-0,45	-0,09
Sedimentation	2001	0,73	0,91	-0,82	0,09	0,82	1,27
Separator	2001	1,36	0,09	-0,36	0,00	0,09	1,00
Vakuumdrehfilter	2001	1,55	0,64	-0,09	0,45	0,36	1,18
Flotation	2001	1,73	-0,73	-0,45	0,00	-0,82	0,36

Tab. 31: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Mostvorklärungsversuche (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II)

Versuchsvariante	Jahrgang	Gesamturteil	Anzahl der Verkoster
Kontrolle	2000	-1,39	18
Separator	2000	0,94	18
Flotation	2000	0,17	18
Sedimentation	2000	-0,50	18
Vakuumdrehfilter	2000	0,78	18
Kontrolle	2000	-1,08	12
Separator	2000	0,17	12
Flotation	2000	0,64	12
Sedimentation	2000	0,92	12
Kontrolle	2001	-0,36	11
Sedimentation	2001	0,91	11
Separator	2001	0,73	11
Vakuumdrehfilter	2001	0,82	11
Flotation	2001	-0,27	11

Tab. 32: Ergebnisse der Mostanalytik der Mostvorklärungsversuche der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001

Versuchsvariante	Jahrgang	Mostgewicht [°Oechsle]	Gesamtsäure [g/l]	Weinsäure [g/l]	pH-Wert	Sedimentationstrub [%v/v]	Schleudertrub [%w/w]
Kontrolle	2000	78	11,3	4,7	3,1	9	1,77
Separator	2000	76	11,1	4,5	3,1	9	1,77
Flotation	2000	78	11,1	4,7	3,1	9	1,77
Sedimentation	2000	78	11,3	4,6	3,1	9	1,77
Vakuumdrehfilter	2000	77	11,1	4,5	3,1	9	1,77
Kontrolle	2000	78	11,4	5,7	3,0	5	1,10
Separator	2000	78	11,4	5,6	3,1	5	1,10
Flotation	2000	78	10,9	5,7	3,1	5	1,10
Sedimentation	2000	78	11,4	5,7	3,0	5	1,10
Kontrolle	2001	86	10,9	8,2	3,1	9	1,68
Sedimentation	2001	86	11,0	8,3	3,1	9	1,68
Separator	2001	87	11,0	8,3	3,1	9	1,68
Vakuumdrehfilter	2001	85	10,7	8,3	3,1	9	1,68
Flotation	2001	86	10,8	8,3	3,1	9	1,68

Versuchsvariante	Jahrgang	Resttrub [%w/w]	Gesamtphenolgehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	Resveratrol ¹ [mg/l]	Phenolcarbonsäuren ¹ [mg/l]
Kontrolle	2000	1,77	436	1,4	-	-	-
Separator	2000	0,17	409	1,3	-	-	-
Flotation	2000	0,40	317	1,3	-	-	-
Sedimentation	2000	0,21	408	1,7	-	-	-
Vakuumdrehfilter	2000	0,03	386	1,6	-	-	-
Kontrolle	2000	1,10	373	0,9	-	-	-
Separator	2000	0,32	338	0,6	-	-	-
Flotation	2000	0,41	324	0,7	-	-	-
Sedimentation	2000	0,11	366	0,8	-	-	-
Kontrolle	2001	1,68	277	1,7	1,7	0,6	0,2
Sedimentation	2001	0,06	374	2,5	2,5	1,6	2,3
Separator	2001	0,56	258	1,6	1,8	0,6	0,2
Vakuumdrehfilter	2001	0,07	265	1,7	1,9	1,2	0,3
Flotation	2001	0,21	280	1,6	3,8	0,4	0,2

Versuchsvariante	Jahrgang	Tyrosol ¹ [mg/l]
Kontrolle	2000	-
Separator	2000	-
Flotation	2000	-
Sedimentation	2000	-
Vakuumdrehfilter	2000	-
Kontrolle	2000	-
Separator	2000	-
Flotation	2000	-
Sedimentation	2000	-
Kontrolle	2001	0,1
Sedimentation	2001	0,1
Separator	2001	0,2
Vakuumdrehfilter	2001	0,2
Flotation	2001	0,1

Tab. 33: Ergebnisse der Weinanalytik der Mostvorklärungsversuche der Rebsorte Riesling in den Jahrgängen 2000 und 2001

Versuchsvariante	Jahrgang	Alkoholgehalt [%w/v]	Extraktgehalt [g/l]	Restextrakt [g/l]	Restzucker [g/l]	Gesamtsäure [g/l]	Weinsäure [g/l]
Kontrolle	2000	12,4	24,8	10,1	2,0	7,7	1,3
Separator	2000	11,9	23,6	9,6	2,3	7,3	1,0
Flotation	2000	12,4	24,1	9,7	2,0	7,5	1,2
Sedimentation	2000	12,4	24,3	9,8	2,0	7,6	1,3
Vakuumdrehfilter	2000	12,2	23,8	9,3	2,4	7,7	1,3
Kontrolle	2000	12,3	24,0	9,1	2,2	8,0	1,7
Separator	2000	12,2	23,4	8,6	4,7	8,0	1,7
Flotation	2000	12,4	22,9	8,4	2,1	7,6	1,5
Sedimentation	2000	11,9	22,2	9,9	3,0	5,5	1,5
Kontrolle	2001	11,9	22,5	6,3	2,6	9,1	4,3
Sedimentation	2001	11,6	22,8	6,2	6,1	9,7	4,3
Separator	2001	11,7	22,4	5,9	3,4	9,6	4,2
Vakuumdrehfilter	2001	11,7	22,3	5,9	3,0	9,6	4,2
Flotation	2001	11,1	20,8	5,6	1,6	8,6	3,9

Versuchsvariante	Jahrgang	Freie SO ₂ [mg/l]	Gesamte SO ₂ [mg/l]	pH-Wert	Dichte	Gesamtphenolgehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]
Kontrolle	2000	40	129	3,5	0,9938	288	3,6
Separator	2000	35	101	3,5	0,9940	240	3,2
Flotation	2000	37	111	3,5	0,9935	180	2,8
Sedimentation	2000	35	107	3,5	0,9936	303	3,5
Vakuumdrehfilter	2000	39	108	3,5	0,9937	232	3,1
Kontrolle	2000	30	131	3,4	0,9936	273	3,6
Separator	2000	24	133	3,5	0,9945	280	3,3
Flotation	2000	25	121	3,5	0,9931	269	3,0
Sedimentation	2000	26	129	3,6	0,9937	316	3,4
Kontrolle	2001	53	115	3,0	0,9937	252	3,0
Sedimentation	2001	54	131	3,0	0,9955	259	3,0
Separator	2001	52	116	3,0	0,9942	220	2,8
Vakuumdrehfilter	2001	50	112	3,0	0,9940	232	2,6
Flotation	2001	46	100	3,0	0,9936	164	2,2

Versuchsvariante	Jahrgang	Extinktion 420 nm	Summe HPLC-Phenole ¹ [mg/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	Resveratrol ¹ [mg/l]	Phenolcarbonsäuren ¹ [mg/l]	Tyrosol ¹ [mg/l]
Kontrolle	2000	0,084	-	-	-	-	-
Separator	2000	0,079	-	-	-	-	-
Flotation	2000	0,072	-	-	-	-	-
Sedimentation	2000	0,089	-	-	-	-	-
Vakuumdrehfilter	2000	0,085	-	-	-	-	-
Kontrolle	2000	0,111	35,8	3,5	8,0	4,6	19,7
Separator	2000	0,117	18,9	4,4	4,5	3,7	6,3
Flotation	2000	0,134	27,1	6,5	7,1	3,6	9,9
Sedimentation	2000	0,109	21,3	3,4	6,9	4,1	6,9
Kontrolle	2001	0,175	47,2	15,7	4,2	4,6	22,7
Sedimentation	2001	0,170	35,1	16,9	4,2	4,6	9,4
Separator	2001	0,167	37,4	16,1	2,9	3,2	15,2
Vakuumdrehfilter	2001	0,176	36,7	15,1	6,7	3,2	11,7
Flotation	2001	0,150	46,8	17,3	9,9	2,3	17,3

¹ Die HPLC-Analytik (Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.4.5) wurde im Rahmen des gemeinsamen FEI/AiF-Projektes 12225 BG am Institut für Ernährungswissenschaften, LS Humanernährung, der Friedrich-Schiller Universität Jena durchgeführt.

10.4.3 Rotweinverfahrensvergleich – Maischegärung, Maischeerhitzung und deren Kombination

Tab. 34: Zusammenfassung aller Sensorikdaten der Rotweinversuche (Mittelwerte der Verkostungsergebnisse) der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

Versuchsvariante	Jahrgang	Sauerkirsche	Waldbeeren	frisches Gras	grüner Paprika	Röstaromen	schwarzer Pfeffer
Spätburgunder MG	2000	1,77	1,46	1,00	1,00	0,69	1,00
Spätburgunder ME+MG	2000	1,69	1,62	0,92	1,08	0,46	1,08
Spätburgunder ME	2000	1,00	1,31	0,85	0,85	1,00	0,85
Cabernet Franc MG	2000	0,92	1,23	1,23	1,15	1,15	1,85
Cabernet Franc ME+MG	2000	1,46	1,38	1,08	1,31	0,92	1,31
Cabernet Franc ME	2000	1,15	1,62	1,00	1,23	0,46	1,08
Spätburgunder MG	2001	1,67	1,17	1,50	1,33	0,67	0,92
Spätburgunder ME+MG	2001	1,17	1,75	0,92	0,92	1,08	1,25
Spätburgunder ME	2001	1,42	1,67	0,83	0,92	0,58	0,83
Cabernet Franc MG	2001	1,50	1,75	1,33	1,17	0,83	1,17
Cabernet Franc ME+MG	2001	1,92	1,75	0,83	0,75	1,08	1,33
Cabernet Franc ME	2001	1,17	1,67	0,83	1,00	1,00	0,83

Versuchsvariante	Jahrgang	buttrig	Geruchsintensität	Geruchsqualität	fruchtiger Geruch	Geschmacksintensität	Geschmacksqualität
Spätburgunder MG	2000	0,77	1,23	1,00	-	1,15	1,00
Spätburgunder ME+MG	2000	1,08	1,62	1,38	-	1,77	1,50
Spätburgunder ME	2000	1,23	1,46	0,38	-	1,00	-0,23
Cabernet Franc MG	2000	0,92	2,46	0,54	-	2,15	-0,15
Cabernet Franc ME+MG	2000	0,85	1,69	0,85	-	1,54	0,38
Cabernet Franc ME	2000	0,54	1,54	0,54	-	1,69	0,92
Spätburgunder MG	2001	0,83	1,25	0,92	1,33	1,58	0,92
Spätburgunder ME+MG	2001	1,33	1,42	0,83	1,17	1,33	0,33
Spätburgunder ME	2001	1,25	1,00	0,17	0,17	0,25	-0,08
Cabernet Franc MG	2001	1,08	1,33	-0,08	0,42	0,33	-0,92
Cabernet Franc ME+MG	2001	0,75	1,33	1,58	1,33	1,67	0,17
Cabernet Franc ME	2001	1,25	1,67	1,67	1,33	1,75	0,55

Versuchsvariante	Jahrgang	fruchtiger Geschmack	Süße	Säure	Körper	Gerbstoffe	Farbe
Spätburgunder MG	2000	-0,85	0,08	0,46	1,54	-0,15	0,62
Spätburgunder ME+MG	2000	-0,38	-0,23	1,33	1,23	0,85	2,15
Spätburgunder ME	2000	0,92	-0,46	-0,15	0,85	-1,08	0,92
Cabernet Franc MG	2000	-1,15	0,38	1,62	0,46	2,00	2,62
Cabernet Franc ME+MG	2000	-1,31	0,54	0,46	0,77	1,38	2,85
Cabernet Franc ME	2000	-0,92	0,23	0,92	0,77	0,85	2,69
Spätburgunder MG	2001	0,09	-1,17	0,67	0,50	0,50	0,75
Spätburgunder ME+MG	2001	0,17	-1,42	0,58	0,67	0,67	1,75
Spätburgunder ME	2001	0,50	-0,17	-0,33	-0,08	-1,00	0,00
Cabernet Franc MG	2001	-0,17	-1,08	0,92	-0,25	0,33	-1,08
Cabernet Franc ME+MG	2001	0,25	-1,67	0,92	0,83	2,33	2,50
Cabernet Franc ME	2001	1,18	-1,33	-0,08	0,64	0,25	1,50

Versuchsvariante	Jahrgang	Gleichgewicht	Reintönigkeit	Gesamturteil	Anzahl der Verkoster
Spätburgunder MG	2000	0,62	2,00	1,15	13
Spätburgunder ME+MG	2000	1,46	1,69	1,77	13
Spätburgunder ME	2000	-0,15	0,38	-0,23	13
Cabernet Franc MG	2000	-0,15	1,00	0,77	13
Cabernet Franc ME+MG	2000	0,08	1,46	1,00	13
Cabernet Franc ME	2000	0,46	0,92	0,54	13
Spätburgunder MG	2001	1,00	1,00	1,00	12
Spätburgunder ME+MG	2001	0,58	1,09	0,67	12
Spätburgunder ME	2001	0,58	0,92	0,83	12
Cabernet Franc MG	2001	-0,50	0,42	-0,17	12
Cabernet Franc ME+MG	2001	0,00	1,33	0,67	12
Cabernet Franc ME	2001	0,83	1,83	1,33	12

Tab. 35: Ergebnisse der Mostanalytik bei den Rotweinversuchen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001

Versuchsvariante	Jahrgang	Mostgewicht [°Oechsle]	Gesamtsäure [g/l]	pH-Wert	Gesamt- phenolgehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]
Spätburgunder MG	2000	90	5,5	3,8	195	1	1,1
Spätburgunder ME+MG	2000	74	6,0	3,8	195	1	1,1
Spätburgunder ME	2000	74	5,5	4,0	195	1	1,1
Cabernet Franc MG	2000	70	9,0	3,4	242	2	1,9
Cabernet Franc ME+MG	2000	66	7,6	3,4	242	2	1,9
Cabernet Franc ME	2000	66	8,9	3,4	242	2	1,9
Spätburgunder MG	2001	86	11,3	3,3	548	7	18,3
Spätburgunder ME+MG	2001	90	11,1	3,3	548	7	18,3
Spätburgunder ME	2001	90	11,1	3,3	548	7	18,3
Cabernet Franc MG	2001	75	9,1	3,3	336	2	0,5
Cabernet Franc ME+MG	2001	75	9,1	3,3	336	2	0,5
Cabernet Franc ME	2001	75	9,1	3,3	336	2	0,5

Versuchsvariante	Jahrgang	Resveratrol ¹ [mg/l]	Phenol- carbonsäuren ¹ [mg/l]
Spätburgunder MG	2000	0,6	3,6
Spätburgunder ME+MG	2000	0,6	3,6
Spätburgunder ME	2000	0,6	3,6
Cabernet Franc MG	2000	1,8	3,1
Cabernet Franc ME+MG	2000	1,8	3,1
Cabernet Franc ME	2000	1,8	3,1
Spätburgunder MG	2001	7,4	5,3
Spätburgunder ME+MG	2001	7,4	5,3
Spätburgunder ME	2001	7,4	5,3
Cabernet Franc MG	2001	0,4	0,8
Cabernet Franc ME+MG	2001	0,4	0,8
Cabernet Franc ME	2001	0,4	0,8

Tab. 36: Ergebnisse der Weinanalytik bei den Rotweinversuchen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil I)

Versuchsvariante	Jahrgang	Alkoholgehalt [%v/v]	Extraktgehalt [g/l]	Restzucker [g/l]	Gesamtsäure [g/l]	Weinsäure [g/l]	Freie SO ₂ [mg/l]
Spätburgunder MG	2000	13,8	22,2	2,0	5,2	1,2	23
Spätburgunder ME+MG	2000	13,9	22,9	3,1	5,0	1,2	33
Spätburgunder ME	2000	13,8	24,1	10,9	5,2	1,2	36
Cabernet Franc MG	2000	13,2	20,3	3,2	5,8	2,1	36
Cabernet Franc ME+MG	2000	12,8	22,9	3,0	6,5	1,8	36
Cabernet Franc ME	2000	12,1	21,8	2,6	6,1	2,1	33
Spätburgunder MG	2001	12,8	24,4	2,5	5,4	1,3	33
Spätburgunder ME+MG	2001	12,8	25,7	2,8	5,1	1,4	44
Spätburgunder ME	2001	13,6	20,6	2,2	5,6	1,3	48
Cabernet Franc MG	2001	12,2	21,8	1,9	5,8	1,7	27
Cabernet Franc ME+MG	2001	12,7	25,9	3,6	6,2	2,1	33
Cabernet Franc ME	2001	14,1	22,5	2,2	5,8	1,9	35

Versuchsvariante	Jahrgang	Gesamte SO ₂ [mg/l]	pH-Wert	Dichte	flüchtige Säure [g/l]	Gesamt- phenolgehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]
Spätburgunder MG	2000	57	3,7	0,9911	0,40	1097	10
Spätburgunder ME+MG	2000	57	3,8	0,9918	0,36	1728	15
Spätburgunder ME	2000	60	3,8	0,9960	0,84	1309	12
Cabernet Franc MG	2000	52	3,4	0,9916	0,23	1819	16
Cabernet Franc ME+MG	2000	57	3,4	0,9930	0,40	2163	19
Cabernet Franc ME	2000	57	3,4	0,9933	0,35	1576	15
Spätburgunder MG	2001	66	3,9	0,9933	0,44	1706	16
Spätburgunder ME+MG	2001	61	3,9	0,9939	0,25	2411	17
Spätburgunder ME	2001	61	3,9	0,9908	0,46	1300	12
Cabernet Franc MG	2001	57	3,6	0,9928	0,36	1108	10
Cabernet Franc ME+MG	2001	64	3,6	0,9945	0,30	3048	17
Cabernet Franc ME	2001	65	3,5	0,9910	0,36	1722	14

Tab. 37: Ergebnisse der Weinanalytik bei den Rotweinversuchen der Rebsorten Spätburgunder und Cabernet Franc in den Jahrgängen 2000 und 2001 (Teil II)

Versuchsvariante	Jahrgang	Extinktion 420 nm	Extinktion 520 nm	Extinktion 620 nm	Flavonoidgehalt [mg/l]	Nichtflavonoidgehalt [mg/l]	gerbende Phenole [mg/l]
Spätburgunder MG	2000	0,920	0,950	0,220	840	257	403
Spätburgunder ME+MG	2000	1,550	1,630	0,450	1396	332	536
Spätburgunder ME	2000	1,170	1,150	0,280	897	412	330
Cabernet Franc MG	2000	1,890	2,730	0,530	1531	288	796
Cabernet Franc ME+MG	2000	2,290	3,800	0,710	1903	260	833
Cabernet Franc ME	2000	1,950	3,040	0,550	1264	312	374
Spätburgunder MG	2001	0,855	0,820	0,247	1416	290	428
Spätburgunder ME+MG	2001	1,002	1,145	0,330	2066	345	661
Spätburgunder ME	2001	0,914	0,931	0,272	927	373	264
Cabernet Franc MG	2001	0,700	0,686	0,160	921	187	662
Cabernet Franc ME+MG	2001	1,640	2,326	0,428	2858	190	1782
Cabernet Franc ME	2001	1,359	1,896	0,378	1404	318	262

Versuchsvariante	Jahrgang	nicht gerbende Phenole [mg/l]	Anthocyane ¹ [mg/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	Resveratrole ¹ [mg/l]	Phenol-carbonsäuren ¹ [mg/l]	Tyrosol ¹ [mg/l]
Spätburgunder MG	2000	772	322,1	154,2	6,6	32,1	6,5
Spätburgunder ME+MG	2000	1267	532,8	265,0	27,9	37,2	30,1
Spätburgunder ME	2000	1052	515,8	215,8	17,4	25,0	16,4
Cabernet Franc MG	2000	1094	282,9	98,5	5,3	32,3	40,9
Cabernet Franc ME+MG	2000	1294	323,7	130,3	9,6	51,6	50,0
Cabernet Franc ME	2000	1234	300,2	124,1	8,0	80,1	55,7
Spätburgunder MG	2001	1312	253,5	148,4	14,7	39,3	2,1
Spätburgunder ME+MG	2001	1601	325,5	292,5	20,0	79,1	3,0
Spätburgunder ME	2001	1034	297,8	203,1	19,1	23,1	5,0
Cabernet Franc MG	2001	396	76,6	49,5	3,3	61,6	34,6
Cabernet Franc ME+MG	2001	956	163,5	113,9	13,7	73,8	52,6
Cabernet Franc ME	2001	1364	148,5	51,6	11,2	77,2	51,8

Versuchsvariante	Jahrgang	Polymerisationsindex	Milchsäure [g/l]	Äpfelsäure [g/l]
Spätburgunder MG	2000	0,42	2,04	0,25
Spätburgunder ME+MG	2000	0,49	1,60	0,07
Spätburgunder ME	2000	0,25	2,51	0,06
Cabernet Franc MG	2000	0,31	1,74	0,08
Cabernet Franc ME+MG	2000	0,29	1,99	0,10
Cabernet Franc ME	2000	0,43	2,29	0,07
Spätburgunder MG	2001	0,20	3,30	0,03
Spätburgunder ME+MG	2001	0,14	3,28	0,03
Spätburgunder ME	2001	0,41	3,25	0,04
Cabernet Franc MG	2001	0,71	2,06	0,05
Cabernet Franc ME+MG	2001	0,11	2,01	0,06
Cabernet Franc ME	2001	0,25	2,15	0,03

¹ Die HPLC-Analytik (Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5) wurde im Rahmen des gemeinsamen FEI/AIF-Projektes 12225 BG am Institut für Ernährungswissenschaften, LS Humanernährung, der Friedrich-Schiller Universität Jena durchgeführt.

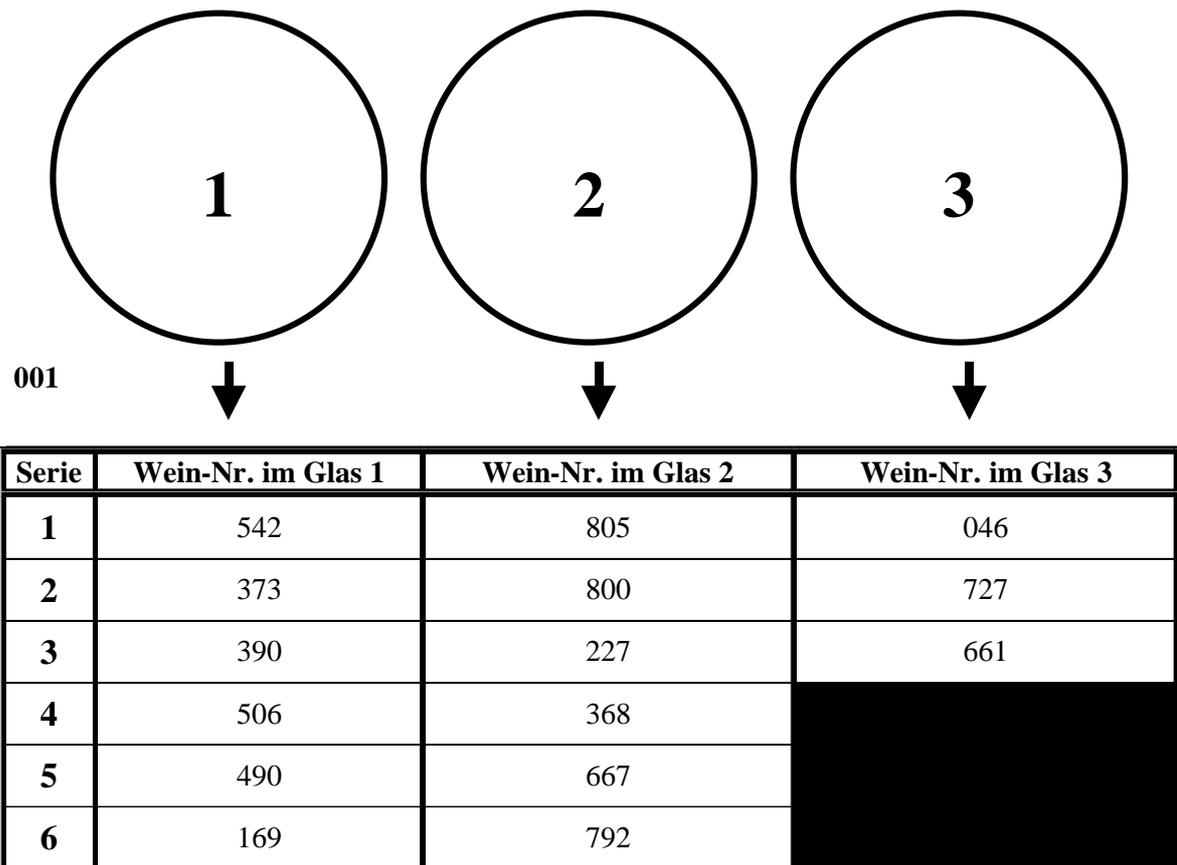
Tab. 38: Ergebnisübersicht der Prozessanalyse bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2000

Prozessschritt	Jahrgang	Gesamtphenol- gehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]	Anthocyane ¹ [mg/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	Resveratrole ¹ [mg/l]	Phenol- carbonsäuren ¹ [mg/l]
Most (MG)	2000	195	1	1,5	1,1	0,58	3,6
Erhitzung	2000	-	-	-	-	-	-
Standzeit bzw. Rückkühlung	2000	-	-	-	-	-	-
Gärung	2000	1350	13	247,7	84,5	9,1	18,8
Presse	2000	1284	13	253,4	82,8	9,2	14
BSA+Abstich	2000	1424	14	133,4	70,1	10,1	22
Füllung	2000	1097	10	322,1	154,2	6,6	32,1
Most (ME)	2000	195	1	1,5	1,1	0,58	3,6
Erhitzung	2000	1389	13	990,3	165,8	37,8	10,4
Standzeit bzw. Rückkühlung	2000	1951	16	982,8	165,1	39,7	11,5
Presse	2000	-	-	-	-	-	-
Gärung	2000	2022	20	934	174,9	38,7	14,5
BSA+Abstich	2000	1400	15	436,9	156	38	17,2
Füllung	2000	1309	12	515,8	215,8	17,4	25
Most (ME+MG)	2000	195	1	1,5	1,1	0,58	3,6
Erhitzung	2000	1389	13	990,3	165,8	37,8	10,4
Standzeit bzw. Rückkühlung	2000	1493	15	874,9	159,8	37	10,3
Gärung	2000	1854	17	473,6	172,4	32,7	17,2
Presse	2000	1901	21	447,8	178,4	31,7	18,1
BSA+Abstich	2000	1954	19	323,7	169,4	32,5	20,7
Füllung	2000	1728	16	532,8	265	27,9	37,2

Tab. 39: Ergebnisübersicht der Prozessanalyse bei der Rebsorte Spätburgunder im Jahrgang 2001

Prozessschritt	Jahrgang	Gesamtphenol- gehalt [mg/l]	TEAC-Wert [mmol/l]	Anthocyane ¹ [mg/l]	Flavan-3-ole ¹ [mg/l]	Resveratrole ¹ [mg/l]	Phenol- carbonsäuren ¹ [mg/l]
Most (MG)	2001	548	7	3,5	18,3	7,4	5,3
Erhitzung	2001	-	-	-	-	-	-
Standzeit bzw. Rückkühlung	2001	-	-	-	-	-	-
Gärung	2001	-	-	-	-	-	-
Presse	2001	1474	14	97,9	183,2	17,1	17,3
BSA+Abstich	2001	-	-	-	-	-	-
Füllung	2001	1706	16	-	-	-	-
Most (ME)	2001	548	7	3,5	18,3	7,4	5,3
Erhitzung	2001	554	4	627,5	289,3	27,8	23,4
Standzeit bzw. Rückkühlung	2001	1670	13	359,4	253	27,1	28,4
Presse	2001	-	-	-	-	-	-
Gärung	2001	1284	11	263,8	253,9	28,3	29,7
BSA+Abstich	2001	-	-	-	-	-	-
Füllung	2001	1300	12	-	-	-	-
Most (ME+MG)	2001	548	7	3,5	18,3	7,4	5,3
Erhitzung	2001	554	4	627,5	289,3	27,8	23,4
Standzeit bzw. Rückkühlung	2001	1752	14	612,1	263,4	29,6	27,5
Gärung	2001	-	-	-	-	-	-
Presse	2001	2367	21	362,9	276,9	22,9	59,6
BSA+Abstich	2001	-	-	-	-	-	-
Füllung	2001	2411	17	-	-	-	-

¹ Die HPLC-Analytik (Auflistung der Einzelpolyphenole s. Kap. 3.3.5) wurde im Rahmen des gemeinsamen FEI/AiF-Projektes 12225 BG am Institut für Ernährungswissenschaften, LS Humanernährung, der Friedrich-Schiller Universität Jena durchgeführt.

10.5 Verkostungsbögen der sensorischen Qualitätsanalyse**Tischplan**

Dreiecksprüfung

Name: _____

Platz-Nr.: _____ Datum: _____

- Jeder Wein hat eine eigene Nummer. Tragen Sie bitte die Nummer der abweichende Probe in das entsprechende Feld der Tabelle ein. **Achten Sie dabei bitte genau auf die Nummern auf Ihrem Tisch!**
- Markieren Sie bitte die abweichende Probe (in dem Feld Bew.) mit einem +, falls Ihnen dieser Wein besser gefällt, mit einem -, falls Ihnen dieser Wein schlechter gefällt, oder mit einem O, falls dieser Wein zwar anders ist, Sie sich aber nicht entscheiden können, ob er besser oder schlechter als die beiden anderen Proben ist.
- Kreuzen Sie bitte an, wie Sie den Unterschied empfinden.

Dreiecksprüfung: Welches ist die abweichende Probe?				
Serie	Proben-Nr. der Probensätze	Abweichende Probe	Bew.	Wie empfinden Sie den Unterschied?
1	542 / 805 / 046	_____	___	Schwach
				Durchschnittlich
				Stark
2	373 / 800 / 727	_____	___	Schwach
				Durchschnittlich
				Stark
3	390 / 227 / 661	_____	___	Schwach
				Durchschnittlich
				Stark
4	506 / 368 / 057	_____	___	Schwach
				Durchschnittlich
				Stark
5	490 / 667 / 638	_____	___	Schwach
				Durchschnittlich
				Stark
6	169 / 792 / 654	_____	___	Schwach
				Durchschnittlich
				Stark

Rangordnungsprüfung

Name: _____

Platz-Nr.: _____ Datum: _____

- Ordnen Sie bitte jedem Wein eine Platzierung innerhalb der jeweiligen Serie zu. Auf Platz 1 soll dabei die von Ihnen als bester Wein beurteilte Probe stehen. **Jeder Platz darf nur einmal vergeben werden!**
- Jeder Wein hat eine eigene Nummer. Tragen Sie diese bitte in das entsprechende Platzierungsfeld der Tabelle ein. **Achten Sie dabei bitte genau auf die Nummern auf Ihrem Tisch!**

Rangordnung						
Serie	Platz 1	Platz 2	Platz 3	Platz 4	Platz 5	Bemerkung
1						
2						

Beschreibende Sensorik – Weißwein

Name: _____

Platz-Nr.: _____ Datum: _____

Serie I

Bewerten Sie die Intensität der nachstehenden Aroma-Attribute, indem Sie je einen Wert zwischen 0 und 3 angeben, wobei

- 0 = kein Aroma,**
- 1 = schwaches Aroma,**
- 2 = mittleres Aroma und**
- 3 = starkes Aroma**

bedeutet.

Führen Sie diese Prüfung für alle vor Ihnen stehenden Gläser im Vergleich durch. Es handelt sich um Weine einer Serie!

Aroma-Attribute	Wein in Glas 1 254	Wein in Glas 2 941
Citrus		
Ananas		
Apfel		
Pfirsich		
Blumig		
Frisches Gras		
Honig		
Petrol		
UTA		
Phenol I		
Phenol II		

Beschreibende Sensorik – Rotwein

008

Name: _____

Platz-Nr.: _____ Datum: _____

Serie I

Bewerten Sie die Intensität der nachstehenden Aroma-Attribute, indem Sie je einen Wert zwischen 0 und 3 angeben, wobei

- 0 = kein Aroma,**
- 1 = schwaches Aroma,**
- 2 = mittleres Aroma und**
- 3 = starkes Aroma**

bedeutet.

Führen Sie diese Prüfung für alle drei vor Ihnen stehenden Gläser **im Vergleich** durch. Es handelt sich um Weine einer Serie!

Aroma-Attribute	Wein in Glas 1 112	Wein in Glas 2 416	Wein in Glas 3 016
Sauerkirsche			
Waldbeeren			
Frisches Gras			
Grüner Paprika			
Röstaromen			
Schwarzer Pfeffer			
Buttrig			

Profilmethode – Weißwein/Rotwein

001

Serie I

Fragestellung: Welcher Merkmalsausprägung ist Ihr Urteil in welcher Intensität zugeordnet?

Bewerten Sie die einzelnen Profilparameter durch Ankreuzen der entsprechenden Felder unterhalb der Skala. Berücksichtigen Sie auch hierbei wieder, dass es sich um Weine einer Serie handelt und bewerten Sie diese **im Vergleich!**

		Wein in Glas 1							
		069							
Merkmal		sehr zutreffend	zutreffend	wenig zutreffend	wenig zutreffend	zutreffend	sehr zutreffend		Bemerkung
		-3	-2	-1	1	2	3		
Farbe	farblos							intensiv	
Geruch									
Intensität	nicht vorhanden							kräftig	
Qualität	wenig angenehm							fein	
Geschmack									
Intensität	schwach							kräftig	
Qualität	wenig angenehm							fein	
Süße	mangelnd							übermäßig	
Säure	schwach							stark	
Körper/Fülle	schwach							kräftig	
Frucht	schwach							intensiv	
gerbig/ Gerbstoffe	schwach							stark	
Gleichgewicht	unharmonisch							harmonisch	
Reintönigkeit	unsauber							sauber	
Gesamturteil	nicht akzeptabel							sehr gut	

11 Danksagung und Förderhinweis

Mein besonderer Dank richtet sich an Frau Prof. Dr. M. Christmann und an Frau Prof. Dr. I. M. Bitsch für die Überlassung des Themas und für die fachliche Unterstützung während der Erstellung der Arbeit.

Für die hilfsbereite Unterstützung bedanke ich mich ebenfalls bei allen Mitarbeitern des Fachgebietes Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim, insbesondere bei Herrn Dr. M. Freund und Herrn J. Seckler, die mir stets mit kompetenten wissenschaftlichen und technischen Ratschlägen zur Seite standen und durch ihr Engagement wesentlich zum Fortgang und Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Für die sehr gute Zusammenarbeit und die Ausführung der HPLC-Analysen gilt mein Dank auch Herrn Dr. M. Netzel und Frau Dr. G. Netzel von der Universität Jena.

Mein größter Dank gilt meiner gesamten Familie und insbesondere meiner Frau Kerstin für ihre liebevolle Unterstützung ohne die eine Fertigstellung der Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Das Vorhaben wurde aus Mitteln der industriellen Gemeinschaftsforschung (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert. Ich danke für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit (AiF-Projekt Nr. 12225 BG).