

**CHEMISCHE UND SENSORISCHE
AUSWIRKUNGEN PHYSIKALISCHER
KONZENTRIERUNGSVERFAHREN AUF
MOST UND WEIN**

Vom Fachbereich Chemie
der Technischen Universität Kaiserslautern
zur Erlangung des akademischen Grades

„Doktor der Naturwissenschaften“

genehmigte Dissertation

(D386)

vorgelegt von
Diplom-Lebensmittelchemiker

Dierk Clos

Kaiserslautern, 2003

Die vorliegende Arbeit entstand in der Zeit vom Juli 1999 bis Juni 2002 in der Abteilung Kellerwirtschaft der damaligen Staatlichen Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau, Neustadt-Mußbach a.d.W.

(neuer Name: Dienstleistungszentrum ländlicher Raum –Rheinpfalz-, Neustadt-Mußbach a.d.W.).

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 24. November 2003

DANKSAGUNGEN

Der Autor bedankt sich bei:

Herrn Prof. Dr. Wortmann für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und Herrn Prof. Dr. Sitzmann für die spontane Vertretung bei der wissenschaftlichen Aussprache

Herrn Prof. Dr. Eisenbrand für die Betreuung der Arbeit

Ulrich Fischer für die interessante Themenstellung, den unerschöpflichen Ideenreichtum und die hilfreichen Tipps bei auftretenden Problemen während der Versuchsanstellung und der analytischen Arbeit

Dem Forschungsring des Deutschen Weinbaus bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (FDW) für die Finanzierung dieser Arbeit

Markus Löchner für die Messung der Phenolspektren und das Hintergrundwissen auf diesem Gebiet, vor allem aber für die entstandene Freundschaft

Anette Schormann für die umfangreiche Mitarbeit auf dem Gebiet der Sensorik und die Leitung des Prüferpanels sowie das Wirken als „guter Geist des Fachbereiches“

Hans-Georg Schmarr und Michael Twertek für die vielen nützlichen Ratschläge bei der gaschromatographischen Analytik und bei der schriftlichen Ausführung dieser Arbeit

Sascha Wolz und Hans-Peter Übel für die kellerwirtschaftliche Versuchsbetreuung und die Erzeugung hervorragender Versuchsweine

Claudia Cosma, Jutta Keiser, Bernadette Engel, Klaus Pützer, Dr. Füglein, Hr. Schäfer, Manuela Barth für die jederzeit motivierte und engagierte Laborarbeit und die nützlichen Ratschläge

Petra Jendrzejowski und Jutta Kunz für die Hilfen bei verwaltungstechnischen Problemen

Den Diplomanden(-innen) des FB Kellerwirtschaft, die zwar nicht unmittelbar an dieser Arbeit mitgewirkt haben, aber durch ihre kollegiale, freundschaftliche Art und Weise das Arbeitsklima verbesserten, hervorzuheben seien Martin Möndel und Torsten Hochsattel

Den tadellosen Praktikanten Fabian Valetti und Insa Kissing, die in den stressreichen Herbstkampagnen eine große Hilfe waren. Weiterhin den übrigen Praktikanten und Praktikantinnen, die in den Jahren 1999 bis 2002 im FB Kellerwirtschaft tätig waren

Den kellerwirtschaftlichen Beratern Dr. Binder, Bernhard Schandelmaier und Bernd Weik für die kritische und hilfreiche Begleitung dieser Arbeit und den Rückmeldungen aus der Weinwirtschaft zu den Mostkonzentrierungsverfahren

Dirk Weber und dem Fachbereich Kellerwirtschaft der FA Geisenheim für die gute Zusammenarbeit

Michael Paetzold für die Bereitstellung der UO-Anlage und für nützliches Hintergrundwissen. Dank auch den Lohnunternehmern Labudde und Mäurer

Herrn Buxmann und der Firma Endress+Hauser für die Bereitstellung des Promass 63 und die engagierte Hilfe bei dessen Inbetriebnahme

Den Weingütern und Winzergenossenschaften, die aufgrund ihres Interesses an diesen neuen, önologischen Verfahren einen Teil ihres Mostes zur Verfügung stellten. Die Weinbauabteilungen der FA Geisenheim und der SLFA-NW, die einen Großteil der Versuchsmoste und Weine stellten und engagiert bei der Versuchsanstellung mithalfen, seien an dieser Stelle gesondert erwähnt

All denen, die zu erwähnen ich vergessen habe.

Melanie - für alles...

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Vorkommen und Bedeutung der untersuchten Most- und Weinhaltstoffe	5
3	Material und Methoden	22
3.1	Angewendete physikalische Konzentrierungstechnologien	22
3.1.1	Die Umkehrosmose	22
3.1.2	Die Vakuumverdampfung	24
3.1.3	Die Gefrierkonzentrierung durch Schrägkühler bzw. Kühlzelle	26
3.2	Die Versuchsweine der Jahrgänge 1999-2001	27
3.2.1	Rotweinversuchsreihen 1999-2001	27
3.2.2	Weißweinversuchsreihen 1999-2001	28
3.3	Verwendete statistische Methoden zur Datenaufbereitung	30
3.3.1	Varianzanalyse ANOVA und LSD-Test	30
3.3.2	Faktoranalyse (Hauptkomponentenanalyse – PCA)	32
3.3.3	Friedman-Test (ISO 8587)	33
3.4	Analytik der Moste und Weine	34
3.4.1	Verwendete Chemikalien	34
3.4.2	Gesamte titrierbare Säure und pH-Wert	35
3.4.3	Relative Dichte ($d_{20/20}$)	36
3.4.4	Lichtabsorption im sichtbaren Bereich	37
3.4.5	Gesamtphenolgehalt	38
3.4.6	Analyse der Kationen mittels HPLC	39
3.4.7	Analyse der Zucker und Alkohole mittels HPLC	41
3.4.8	Analyse der organischen Säuren mittels HPLC	43
3.4.9	Bestimmung des Ferm N-Wertes (nur bei Mosten)	44
3.4.10	Formolzahl	46
3.4.11	Glycosid-Glucose-Bestimmung (G-G) (nur bei Mosten)	46
3.4.12	Boulton-Assay - Phenolcharakterisierung (nur bei Rotwein)	48
3.4.13	Analyse der phenolischen Inhaltsstoffe mittels HPLC (nur bei Rotwein)	50
3.4.14	Analyse flüchtiger Aromastoffe (nur bei Weißwein)	51
3.4.15	Durchführung der Weinsensorik	56
3.4.16	Kontrollinstrumente für Most- und Weinkonzentrierung	62
4	Ergebnisse	64
4.1	Mostkonzentrierung - wertgebender Inhaltsstoffe in Most und Wasser	64
4.1.1	Gehalte wertgebender Mostinhaltsstoffe	64
4.1.2	Analyseergebnisse von Permeat, Destillat, Eiswasser	79
4.2	Mostkonzentrierung - nicht flüchtige Inhaltsstoffe im Wein	82
4.2.1	Gehalte titrierbarer Säure und pH-Werte der Weine	82
4.2.2	Gehalte organischer Säuren der Weine	82
4.2.3	Gehalte von Alkoholen und Zuckern der Weine	85
4.2.4	Relative Dichte und Extraktgehalte der Weine	86
4.2.5	Gehalte an Kationen der Weine	87
4.2.6	Farbintensitäten der Weine	88
4.2.7	Gesamtphenolgehalte der Weine	91
4.2.8	Phenolgehalte (Phenolspektrum) bei Weißweinen	92
4.3	Gehalte an Anthocyanen und Phenolen der Rotweine nach Mostkonzentrierung	93
4.3.1	Gehalt an Kernextrakt in den Rotweinen	96
4.3.2	Gehalt an Beerenfleisch- und Beerenchalenextrakt in den Rotweinen	96
4.3.3	Ergebnisse des Boulton Assay bei Rotweinen	98
4.4	Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der Rotweine	100
4.4.1	Korrelation phenolanalytischer und deskriptiv sensorischer Rotweindaten	104
4.5	Gehalte an Aromastoffen der Weißweine nach Mostkonzentrierung	108

4.5.1	Gehalte alkoholischer Verbindungen der Weißweine	109
4.5.2	Gehalte an Terpenalkoholen der Weißweine	112
4.5.3	Gehalte an Fettsäuren der Weißweine	116
4.5.4	Estergehalte der Weißweine	116
4.6	Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der Weißweine	119
4.6.1	Korrelation aromaanalytischer und deskriptiv sensorischer Weißweindaten	122
4.7	Weinkonzentrierung - Weininhaltsstoffe und Weinsensorik	126
4.7.1	Gehalte nicht flüchtiger Inhaltsstoffe nach UO-Weinkonzentrierung.....	126
4.7.2	Gehalte an Anthocyanen und Phenolen nach UO-Rotweinkonzentrierung ..	129
4.7.3	Gehalte an Aromastoffen nach der UO-Weißweinkonzentrierung.....	130
4.7.4	Auswirkungen der Weinkonzentrierung auf die Weinsensorik	133
4.8	Ergebnisse der Kontrolle der Most- bzw. der Weinkonzentrierung	135
4.8.1	FT-IR und PCA	135
4.8.2	Sofortige Messung während des Prozesses	137
5	Diskussion	141
5.1	Verfahrensvergleich bei Mostkonzentrierung (Most- und Wasseranalysen)	141
5.2	Verfahrensvergleich bei Mostkonzentrierung (Weinanalysen und Weinsensorik)	142
5.2.1	Vergleich der Mostkonzentrierungsverfahren bei Rotwein.....	142
5.2.2	Vergleich der Mostkonzentrierungsverfahren bei Weißwein.....	151
5.3	Beurteilung der Weinkonzentrierung	159
5.4	Beurteilung der Kontrollmöglichkeiten der Most- bzw. Weinkonzentrierung	161
5.5	Kostenbetrachtung der physikalischen Konzentrierung	163
6	Zusammenfassung	166
7	Literatur	168
8	Anhang	176
9	Lebenslauf	224

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1 Reaktionsmechanismus primärer Aminogruppen mit Formaldehyd bei pH 8,1.	8
Abbildung 2.2 Zucker und Alkohole	11
Abbildung 2.3 Organische Säuren	12
Abbildung 2.4 4-Hydroxycimtsäure und Derivate	14
Abbildung 2.5 Kernextraktstoffe: Catechin, Epicatechin, Gallussäure	14
Abbildung 2.6 Anthocyanstruktur und Absorptionsmaxima der Glucoside.....	15
Abbildung 2.7 Bildung von Monoterpenen.....	17
Abbildung 2.8 Mesomerie des Geranylcarbeniumions.....	18
Abbildung 2.9 Bildungsweg einiger Monoterpene mit Bedeutung in dieser Arbeit.....	19
Abbildung 3.1 Osmose und Umkehrosmose (s.M. = semipermeable Membran)	22
Abbildung 3.2 UO-Membranzusammensetzung.....	23
Abbildung 3.3 Spiralwickelmodul.....	23
Abbildung 3.4 Mollier-Diagramm	24
Abbildung 3.5 Vakuumverdampfer Firma Entropie, Typ MTA.....	25
Abbildung 3.6 Verteilung der Shikimisäuregehalte (vor und nach Transformation).....	31
Abbildung 3.7 UO-Konzentrierung mit nachgeschalteter Kontrolleinheit.....	63
Abbildung 4.1 Wasserentzug mittels UO bei einem 2001er Spätburgundermost.....	64
Abbildung 4.2 Weinsäuregehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	66
Abbildung 4.3 Äpfelsäuregehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	66
Abbildung 4.4 Mostgewichte relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	68
Abbildung 4.5 Kaliumgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	69
Abbildung 4.6 Magnesiumgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	70
Abbildung 4.7 Magnesiumgehalte im Most; Mittelwerte von 16 Riesling-Versuchsreihen	70
Abbildung 4.8 E_{520} -Werte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	71
Abbildung 4.9 Gesamtphenolgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	72
Abbildung 4.10 Phenolspektrum eines 2000er Rieslingmostes, FA Geisenheim.....	73
Abbildung 4.11 Fern-N-Werte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	74
Abbildung 4.12 Glycosid-Glucosegehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.	75
Abbildung 4.13 Glycosid-Glucose und Mostzucker abhängig vom Wasserentzug.....	76
Abbildung 4.14 Mengenzug von Linalool bei UO für Most und Permeat	77
Abbildung 4.15 Mengenzug von Linalool bei VD für Most und Destillat.....	77
Abbildung 4.16 Mengenzug von Nerol bei UO für Most und Permeat.....	78
Abbildung 4.17 Mengenzug von Nerol bei VD für Most und Destillat.....	78
Abbildung 4.18 Mengenzug von Geraniol bei UO für Most und Permeat	78
Abbildung 4.19 Mengenzug von Geraniol bei VD für Most und Destillat.....	78
Abbildung 4.20 Nicht flüchtige Inhaltsstoffe der Wässer.....	81
Abbildung 4.21 Weinsäuregehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	83
Abbildung 4.22 Äpfelsäuregehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	84
Abbildung 4.23 Restextraktgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	86
Abbildung 4.24 Kaliumgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	87
Abbildung 4.25 Magnesiumgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	88
Abbildung 4.26 Braunfärbung (E_{420}) der Weißweine (1999-2001)	89
Abbildung 4.27 E_{520} -Werte im Rotwein nach ME relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe... 90	
Abbildung 4.28 E_{520} -Werte im Rotwein nach MG relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe .. 90	
Abbildung 4.29 Gesamtphenolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	91
Abbildung 4.30 Phenolgehalte und rote Farbe (E_{520}) im Rotwein (Cab.-Sauv., Dornfelder)	94
Abbildung 4.31 Phenolgehalte und rote Farbe (E_{520}) im Rotwein (Spätburgunder, Merlot).....	95
Abbildung 4.32 Catechingehalte im Rotwein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	96
Abbildung 4.33 Copigmentgehalte im Rotwein relativ zur Variante Saccharose	98
Abbildung 4.34 Monomere Anthocyane im Rotwein relativ zur Variante Saccharose	99
Abbildung 4.35 Polymere Anthocyane im Rotwein relativ zur Variante Saccharose	100

Abbildung 4.36 Sensorische Eigenschaften (Cabernet-Sauvignon, Dornfelder).....	101
Abbildung 4.37 Sensorische Eigenschaften (Spätburgunder, Merlot)	101
Abbildung 4.38 Deskriptive Sensorik der Rotweine (relativ)	102
Abbildung 4.39 PCA Rotweinphenole und deskriptive Sensorik.....	107
Abbildung 4.40 Aromastoffe im 2000er Riesling.....	108
Abbildung 4.41 Aromastoffe im 2001er Weißburgunder und im 2001er Riesling.....	109
Abbildung 4.42 (Z)-3-Hexen-1-ol im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	111
Abbildung 4.43 1-Octen-3-ol im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	111
Abbildung 4.44 Linaloolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	112
Abbildung 4.45 Vergleich von Massenspektren.....	114
Abbildung 4.46 Hotrienolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	115
Abbildung 4.47 Terpendiol I im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	115
Abbildung 4.48 Hexylacetatgehalte und Hexan-1-olgehalte (relativ)	116
Abbildung 4.49 Diethylsuccinat im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	117
Abbildung 4.50 Phenylethylacetat und 2-Phenylethan-1-ol (relativ)	118
Abbildung 4.51 Sensorische Eigenschaften (2001er Weißburgunder, 2001er Riesling).....	119
Abbildung 4.52 Sensorischen Eigenschaften (2001er Chardonnay)	120
Abbildung 4.53 Deskriptive Sensorik Weißweine (relativ).....	121
Abbildung 4.54 PCA Weißweinaromen und deskriptive Sensorik.....	125
Abbildung 4.55 Mengenbilanz alkoholischer Verbindungen (UO-Weinkonzentrierung)	132
Abbildung 4.56 Deskriptive Sensorik (Cabernet-Sauvignon, Spätburgunder)	133
Abbildung 4.57 Deskriptive Sensorik (Riesling).....	134
Abbildung 4.58 Mit FT-IR vermessener Weindatensatz I	136
Abbildung 4.59 Mit FT-IR vermessener Weißweindatensatz II	137
Abbildung 4.60 Beginn der Mostkonzentrierung (2001er Cabernet-Sauvignon MG).....	138
Abbildung 4.61 Verlauf der Mostkonzentrierung (2001er Cabernet-Sauvignon MG)	138
Abbildung 4.62 Dichte bei Mostkonzentrierung und Weinkonzentrierung.....	139
Abbildung 4.63 Vergleich der $d_{20/20}$ -Messungen (Biegeschwinger und Promass 63)	140
Abbildung 5.1 Spülen der UO-Anlage nach Konzentrierung des 2001er Dornfelder ME	149
Abbildung 5.2 Verluste organischer Säuren ins Permeat abhängig von der Molekularmasse..	160
Abbildung 8.1 Shikimisäuregehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	180
Abbildung 8.2 Calciumgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	180
Abbildung 8.3 pH-Werte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	181
Abbildung 8.4 Shikimisäuregehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	181
Abbildung 8.5 Essigsäuregehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	182
Abbildung 8.6 Glyceringehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	182
Abbildung 8.7 Ethanolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	183
Abbildung 8.8 Restzuckergehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	183
Abbildung 8.9 Calciumgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	184
Abbildung 8.10 Octan-1-ol-Gehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	185
Abbildung 8.11 Nicht identifiziertes Terpendiol relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe....	185
Abbildung 8.12 Isoamylacetatgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	186
Abbildung 8.13 Ethylhexanoatgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe	186
Abbildung 8.14 Ethyloctanoatgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.....	187
Abbildung 8.15 Isoamylacetamidgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe.	187

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 3.1 Versuchsausbau – Rotweine der Jahrgänge 1999-2001	27
Tabelle 3.2 Versuchsausbau – Weissweine der Jahrgänge 1999-2001	28
Tabelle 3.3 Fehlerbetrachtung bei der Mehrfachmessung der Gesamtsäure.....	36
Tabelle 3.4 Fehlerbetrachtung bei der Messung der relativen Dichte $d_{20/20}$	37
Tabelle 3.5 Fehlerbetrachtung bei der Messung der Lichtabsorption	38
Tabelle 3.6 Streuung der Messungen der Gesamtphenolgehalte.	39
Tabelle 3.7 Konzentrationen der externen Kationenstandards	40
Tabelle 3.8 Fehlerbetrachtung bei der Messung der Kationen	41
Tabelle 3.9 Konzentrationen der externen Zucker-/Alkoholstandardverbindungen.....	42
Tabelle 3.10 Fehlerbetrachtung bei der Messung der Zucker und Alkohole	42
Tabelle 3.11 Konzentrationen der externen organischen Säurestandards	44
Tabelle 3.12 Fehlerbetrachtung bei der Messung der organischen Säuren	44
Tabelle 3.13 Fehlerbetrachtung bei der Messung des Ferm-N-Wertes	45
Tabelle 3.14 Fehlerbetrachtung bei der G-G-Mehrfachmessung eines Mostes.....	47
Tabelle 3.15 Extinktionen bei 520nm unter verschiedenen Bedingungen (Boulton-Assay)	48
Tabelle 3.16 Fehlerbetrachtung bei der Messung eines Rotweines mit dem Boulton-Assay	49
Tabelle 3.17 Konzentrationen der externen Phenolstandards	51
Tabelle 3.18 Temperaturprogramm für die GC.....	53
Tabelle 3.19 Konzentrationen und Kovats-Indices der internen Standards	53
Tabelle 3.20 Konzentrationen und Kovats-Indices der externen Standards.....	54
Tabelle 3.21 Nicht in externen Standards enthaltene Analyten mit Kovats-Indices.....	55
Tabelle 3.22 Reproduzierbarkeit der Demixing-Methode.....	55
Tabelle 3.23 Mittlere „Fehlerranges“ der Gärwiederholungen	56
Tabelle 3.24 Vergleich der Anreicherung (Kaltron – Demixing).....	56
Tabelle 3.25 Rezepte für deskriptiv sensorische Geruchs- und Geschmacksattribute.....	57
Tabelle 3.26 Fehlerbetrachtung deskriptive Sensorik (Rotwein).....	59
Tabelle 3.27 Fehlerbetrachtung deskriptive Sensorik (Weißwein).....	60
Tabelle 3.28 Fehlerbetrachtung deskriptive Sensorik (Geschmack)	61
Tabelle 4.1 Phenolfreisetzung bei Weißweinen – Vergleich unterschiedlicher Verfahren	93
Tabelle 4.2 Auswirkungen auf acetylierte und cumarylierte Anthocyane.....	97
Tabelle 4.3 Korrelationen der Absolutwerte sensorischer und phenolanalytischer Daten.....	105
Tabelle 4.4 pH- und Säure-Werte zu Abbildung 4.51 und Abbildung 4.52	120
Tabelle 4.5 Korrelationen der Absolutwerte sensorischer und aromaanalytischer Daten	124
Tabelle 4.6 Wertgebender Inhaltsstoffe nach Weinkonzentrierung mittels UO	127
Tabelle 4.7 Weinkonzentrierung - acetylierte und cumarylierte Anthocyane	129
Tabelle 4.8 Aromastoffe nach Weinkonzentrierung mittels UO	131
Tabelle 5.1 Vergleich UO und VD: Eigene Versuche und Vergleich mit Literaturdaten.....	142
Tabelle 5.2 Rangsummen Rotweine	148
Tabelle 5.3 Rangsummen Weißweine	156
Tabelle 5.4 Kostenkalkulation der Mostkonzentrierung von verschiedenen Autoren.....	164

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Verwendete Abkürzung	Erklärung
Ac-S-CoA	Acetyl-Coenzym A
ANOVA	Analysis of Variance
ausged	Ausdünnung der Trauben im Weinberg
CoA-SH	Coenzym A
DMAPP	3,3-Dimethylallylpyrophosphat
EtOH	Ethanol
FA	Forschungsanstalt
FDW	Forschungsring des Deutschen Weinbaues bei der Deutschen Landwirtschafts- Gesellschaft
GärWH	Gärwiederholung
GC	Gaschromatographie
getr	Traubentrocknung
G-G	Glycosid-Glucose
HPLC	Hochleistungsflüssigchromatographie
i.D.	Innendurchmesser
IPP	Isopent-3-enylpyrophosphat
KI	Kovats-Index
KÜZ	Kühlzelle
LSD	Least Significant Difference
ME	Maischeerhitzung
MG	Maischegärung
MS	Massenspektrometrie
MW	Mittelwert der Versuchsreihe bzw. Molekulargewicht (je nach Kontext)
n	Versuchs- bzw. Prüferzahl
n.n.	nicht nachweisbar
OIV	Internationales Weinamt
p	Druck
PC	Principal Component = Hauptkomponente
PCA	Principal Component Analysis = Hauptkomponentenanalyse
Q.b.A.	Qualitätswein bestimmter Anbaugebiete
R	Rangsumme
SA	Saftentzug von der Maische (Saignéverfahren)
sacch	saccharoseangereichert
SK	Schrägekühler
SL	Späte Lese
SLFA-NW	Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt, Neustadt an der Weinstraße
SPE	Solid phase extraction = Festphasenextraktion
T	Temperatur
unbeh	unbehandelt
UO	Umkehrosmose
UTA	untypische Alterungsnote
VD	Vakuumverdampfung
vgl.	vergleiche
WB	Weinbauliche qualitätsverbessernde Maßnahmen (Ausdünnung, Entblätterung, späte Lese)
WH	Wiederholung
WK	Weinkonzentrierung

1 Einleitung

Die Konzentrierung von Fruchtsäften wird heute in der Regel zur Verminderung von Transportkosten und der Haltbarmachung während des Transportes eingesetzt. Am Zielort wird das Fruchtsaftkonzentrat dann wieder rückverdünnt.

Die Problematik langer Transportwege ist bei Trauben und Mosten in der Regel nicht gegeben, da sie meist direkt vor Ort durch den Winzer geerntet, gepresst, ausgebaut, abgefüllt und vermarktet werden. Dafür gibt es insbesondere in den nördlichen Weinbauzonen ein anderes Problem, nämlich einen natürlichen Mangel an Zucker (potenzieller Alkoholgehalt), der zu unselbstständigen Weinen führen würde. Bereits vor der Einführung der Anreicherung mit Zucker, zum Ausgleich dieses natürlichen Mangels, die Chaptal („Chaptalisation“) in Frankreich als Trocken- und Gall in Deutschland zu Anfang des 19. Jahrhunderts als Nasszuckerung empfahl, wurde versucht, die Qualität des Weines durch Konzentrierungsmaßnahmen zu steigern. Die einzige Möglichkeit, einen Konzentrierungseffekt zu erzielen und die gleichzeitig älteste Methode zur Eindickung von wässrigen Medien, ist die Verdampfung von Wasser durch Kochen. Wasserentzug durch Aufkochen des Mostes oder Beimischung von eingekochtem Most zu frisch gekeltermen Most führte zu sensorisch nicht sonderlich befriedigenden Ergebnissen. Der Kochgeschmack war nicht zu verleugnen.

Mit fortschreitender Industrialisierung und den exponentiell steigenden technischen Möglichkeiten im 20. Jahrhundert gab es bald Möglichkeiten, Wasser aus Medien zu entziehen, ohne sie dafür zu erhitzen. Diese Verfahren wurden zwar nie speziell für die Weinwirtschaft entwickelt, da der Markt dafür zu klein war und immer noch ist, aber sie ließen sich dafür adaptieren.

Die Entwicklung der Mostkonzentrierung weltweit und in Deutschland fasst der Artikel von Wucherpfennig und Zürn [Wucherpfennig, Zürn 1981] zusammen. Demnach wurden bereits in den 50iger Jahren des letzten Jahrhunderts Kältekonzentrierungen von Troost und Hennig [Troost 1980] in Deutschland vorgenommen. Dabei wurde bei den Weißweinen festgestellt, dass sich unreife Moste schlecht zur Konzentrierung eigneten, da grasige Unreifenoten aufkonzentriert wurden. Dies bestätigten auch Christmann und Wittkowski [Christmann, Wittkowski 2000]. Bei Versuchen Böhringers 1955 [Böhringer 1955] führte die Kältekonzentrierung von Rotmosten zu herben und unharmonischen Weinen. Dies lag an der Aufkonzentrierung von Gerbstoffen. Bei diesen Versuchen wurde das Krause-Linde-Gefrierverfahren und die Kohlensäure-Trockeneis-Konzentrierung im Most angewendet. Diese Verfahren kann man nicht mit dem in dieser Arbeit zum Einsatz gekommenen Schrägkühler-Verfahren vergleichen. Es zeigte sich aber, dass die Kältekonzentrierung für Rotweine wenig geeignet war.

Aufgrund dieser Erfahrungen und weil rote Rebsorten damals in Deutschland nicht so verbreitet waren, wurde später bei den ersten in Deutschland unternommenen Versuchen zur

Mostkonzentrierung mit Verdampfung (VD) und Umkehrosmose (UO) auf Rotweinversuche größtenteils verzichtet.

In den 60er und 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts arbeitete man mit Fallstromverdampfern zur Herstellung von Traubenkonzentraten [Wucherpennig 1970]. Vergleiche von Rückverdünnung dieser Konzentrate zur Anreicherung führte zum Teil zu besseren Ergebnissen als Saccharosezusatz zum Vergleichsmost.

Die Umkehrosmosetechnologie stammte ursprünglich aus der Rückgewinnung von Trinkwasser aus Abwasser. Morgan, Lowe et al. [Morgan, Lowe et al. 1965] berichteten zum ersten Mal über die Konzentrierung von Fruchtsäften mit Umkehrosmose. Ende der 60er bis Anfang der 80er Jahre fanden Untersuchungen über die UO-Konzentrierung bei Traubenmost in Frankreich, Italien und Deutschland [Wucherpennig 1980] statt. Während diese physikalischen Konzentrierungsmethoden in den südlicheren EU-Mitgliedsstaaten weiterentwickelt wurden und wegen des Zuckerungsverbotes und der Zulassung der Konzentrierungsverfahren durch EU-Recht (siehe unten) Eingang in die Praxis fanden, gerieten sie in Deutschland mehr oder weniger in Vergessenheit. Man schätzte den leichten Mengengewinn bei Q.b.A.-Weinen durch den traditionellen Saccharosezusatz im Gegensatz zu Mengenverlusten bei der Konzentrierung. Außerdem spielte der Schutz des deutschen Prädikatsweinsystems eine große Rolle. Bei den südlichen Weinanbau treibenden Ländern ist dies nicht der Fall. Hier wird Weinqualität vorwiegend durch die Lage und die damit verbundenen Qualitätskriterien definiert. Während Saccharosezusatz zum Most, was bei deutschen Prädikatsweinen nicht erlaubt ist, gut nachzuweisen war [Martin, Brun 1987], konnte man Moste durch physikalische Konzentrierung in eine höhere Qualitätsstufe heben, ohne den Nachweis führen zu können. Es gab in Deutschland bereits erste Fälle, wo dieser Verdacht der unerlaubten Mostkonzentrierung zur Erreichung einer hohen Prädikatsstufe aufgetreten ist [Müller 1999; Müller 2001; Müller 2001]. In Deutschland erhitze die Diskussion die Gemüter, ob Mostkonzentrierung zulässig sei. Es gab die uneingeschränkten Befürworter jedweden technischen Einsatzes im Weinbau ebenso wie die absoluten Gegner und Traditionalisten [Knoll 2000]. Schnell war vom uniformen Techno-Wein die Rede [Kriener 2000]. Dabei standen die Verbraucher den physikalischen Konzentrierungsverfahren relativ gelassen gegenüber. So ergab eine Emnid-Studie im Auftrag des Meininger Verlags [Pilz 2000], dass die Verbraucher als wichtigstes Merkmal (49%) beim Kauf eines Weines den unbehandelten, natürlichen Zustand schätzten. Der Geschmack war das zweitwichtigste Kriterium (47%). Der Preis war nur für 3,2% der Verbraucher wichtig. 57% der potenziellen Käufer würden einen Wein nicht kaufen, wenn er aus konzentriertem Traubenmost erzeugt wäre. Weit mehr, nämlich 74% der Befragten, würden einen Wein nicht kaufen, der aus mit Zucker angereichertem Most erzeugt wurde.

Insbesondere in Frankreich werden die modernen Konzentrierungsverfahren als subtraktive Methoden zur Mostkonzentrierung geschätzt [Schaeffer 1998]. Der entscheidende Unterschied zur Anreicherung mit Zucker liegt darin, dass dem Most bei der Konzentrierung keine weinfremden Stoffe

wie Rohr- oder Rübenzucker zugesetzt werden. Dem Most wird lediglich ein „wertloser“ natürlicher Inhaltsstoff, das Wasser, entzogen, wodurch die wertbestimmenden Inhaltsstoffe aufkonzentriert werden. Das entzogene Wasser des Mostes ist in Frankreich oder Italien kein großer Verlust, da die verschiedenen Weinbaugebiete dieser Länder den Winzern strenge Höchstmengenbeschränkungen auferlegen. Es bietet sich daher an, eine kleine Übermenge „wegzukonzentrieren“, zumal man sich davon Qualitätssteigerungen verspricht [Paetzold 2001].

Das Internationale Amt für Rebe und Wein (OIV) hat sich in den entsprechenden Expertengruppen mit diesen neuen, önologischen Verfahren befasst und zur Konzentrierung von Most folgende Verfahren empfohlen:

- Konzentrierung mittels Verdampfung
- Konzentrierung mittels Vakuumverdampfung
- Konzentrierung mittels Umkehrosmose
- Konzentrierung durch Kälteeinwirkung (Gefrierkonzentrierung)

Das europäische Recht, namentlich die „Verordnung (EG) Nr. 1493/1999, zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 2585/2001 vom 19. Dezember 2001 (ABl. Nr. L 345 S.10)“ [2001] erlaubt physikalische Konzentrierungsverfahren und begrenzt den zulässigen Konzentrierungsumfang auf eine Verminderung des Ausgangsmostvolumens um höchstens 20%vol und eine maximale Erhöhung des natürlichen Alkoholgehaltes um 2%vol. Weiterhin wird vorgegeben, dass die Anwendung eines Konzentrierungsverfahrens die Anwendung der anderen ausschließt.

Unter den genannten Bedingungen sind die Konzentrierungsverfahren in der EU zugelassen. Auf nationaler Ebene gelten unterschiedliche Einschränkungen.

Im Laufe des Jahres 2002 wurde dieses europäische Recht in deutsches Recht umgesetzt. In der „Weinverordnung vom 9. Mai 1995 (BGBl. I S.630) i. d. F. der Bekanntmachung vom 14. Mai 2002 (BGBl. I S.1583), zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 9. Dezember 2002 (BGBl. I S.4495)“ [2002] lautet § 15 Absatz 3: „Die Erhöhung des natürlichen Alkoholgehaltes darf bei den in Absatz 2 (Q.b.A., Anm. des Autors) genannten Erzeugnissen nicht mit konzentriertem Traubenmost oder durch Konzentrierung durch Kälte vorgenommen werden.“

Die Anreicherung durch teilweise Konzentrierung ist nunmehr im Q.b.A.-Bereich in den oben genannten Beschränkungen erlaubt, solange sie nicht auf dem Prinzip des Ausfrierens von Wasser durch Kälte beruht. Damit wird dem Sonderstatus des Eisweines in Deutschland Rechnung getragen. Die Kältekonzentrierung ist allerdings bei zur Gewinnung von Tafelwein geeignetem Wein und bei Tafelwein, ausgenommen Landwein, auch in der speziellen Form der teilweisen Konzentrierung durch Kälte erlaubt [Koch, Hieronimi et al. Stand: Januar 2003].

In der vorliegenden Arbeit soll festgestellt werden, inwieweit physikalische Konzentrierungsverfahren dazu geeignet sind, Moste und Weine verschiedener Rebsorten aus unterschiedlichen deutschen Lagen anzureichern und die Qualität gegenüber traditionellen, kellerwirtschaftlichen Verfahren wie der Saccharoseanreicherung oder dem Saignée-Verfahren (Saftentzug von der Rotweinformasche), aber auch gegenüber weinbaulichen Anreicherungsverfahren zu verändern. Dazu werden die Moste und Weine von Versuchsreihen der Jahrgänge 1999 bis 2001 auf ihre wertgebenden Inhaltsstoffe hin analysiert. Von den Weinen wird weiterhin ein sensorisches Profil erstellt.

Die Gefahr einer Aufkonzentrierung von so genannten „Unreifefaktoren“ sowie von Aromafehlern, die bereits im Most vorliegen, soll untersucht werden. In einer gaschromatographischen Untersuchung sollen die relevanten Aromen charakterisiert und mit den Ergebnissen der Weinsensorik verglichen werden.

Ein zusätzliches Augenmerk soll auf Kontrollmöglichkeiten der Most- und Weinkonzentrierung gelegt werden.

2 Vorkommen und Bedeutung der untersuchten Most- und Weinhaltstoffe

In diesem Kapitel sollen die bei Versuchsmosten und -weinen analysierten Parameter und die der Analytik zugrunde liegenden Messprinzipien vorgestellt werden. Die Frage, ob Traube oder Hefe für die Bildung der untersuchten Verbindungen verantwortlich sind, ist für die Beeinflussung dieser Substanzen durch physikalische Most- oder Weinkonzentrierung von entscheidender Bedeutung.

Titrierbare Säure und pH-Wert: Der pH-Wert zeigt die Azidität des untersuchten Mediums an. Durch die Neutralpunkttitration erhält man ein Maß für die Konzentration der vorliegenden Säuren, also, im Falle von Mosten und Weinen, die Konzentration der organischen Säuren, berechnet als Weinsäure.

Dichte: Die Dichte eines Mostes ist der einzige Parameter, der beim Anstellen der Mostkonzentrierungsversuche zur Verfügung stand. Die Erhöhung der Dichte durch die Mostkonzentrierung musste ständig mit einem Hand-Refraktometer überprüft werden, um das Anreicherungsziel genau zu treffen.

In der „Technologie des Weines“ [Troost 1980] befindet sich eine Umrechnungstabelle von Mostgewicht [°Oe] in g/L Zucker und g/L potenzieller Alkohol. Diese Tabelle konnte zur Ermittlung des Konzentrierungszieles herangezogen werden, da mit Hilfe der Mostkonzentrierung um maximal 16g/L Alkohol (2%vol) angereichert werden durfte. Der Beziehung Dichte °Oe – g/L Alkohol liegt mit hinreichender Genauigkeit ($R^2=1,0000$) eine mathematische Gleichung dritter Ordnung zugrunde.

$$\text{Alk[g/L]} = -3 \cdot 10^{-7} \cdot \text{Mostgew[}^\circ\text{Oe]}^3 + 0,00007 \cdot \text{Mostgew[}^\circ\text{Oe]}^2 + 1,2294 \cdot \text{Mostgew[}^\circ\text{Oe]} - 14,747$$

Ließ man sich diese Gleichung mit Hilfe von Microsoft® Excel®2000 aus den Tabellendaten ermitteln, so konnte man sich den maximal möglichen Alkoholgehalt und die dazugehörigen Mostgewichtdaten errechnen lassen. Weiter konnte man Teilmengenkonzentrierungen berechnen unter Berücksichtigung der für die Mostkonzentrierung zur Verfügung stehenden Saftteilmenge. Denn um nach Rückverschnitt in der Gesamtmenge auf die erlaubte Alkoholanreicherung zu kommen, musste diese Saftteilmenge entsprechend stärker konzentriert werden. Um während der Mostkonzentrierung rasch das Konzentrierungsziel ermitteln zu können, greift man auf Tabellen zurück. Eine Tabelle, in der unterschiedliche Saftteilmengenkonzentrierungen berücksichtigt sind, ist im Anhang 2 abgedruckt. In diese Tabelle ist auch der Zuckergehalt des Mostes eingearbeitet, der sich aus dem nach obigem Ansatz ermittelten Alkoholgehalt mit dem Faktor 2,1277 berechnen lässt.

Der Wert $d_{20/20}$, der mittels Biegeschwinger erhalten werden kann, gibt die Dichte einer Probenmatrix relativ zur Dichte von Wasser bei jeweils 20°C an. Bei Mosten kann man aus diesem Wert das Mostgewicht in °Oe berechnen:

$$^\circ\text{Oe} = (d_{20/20} - 1) \cdot 1000$$

Wenn man aufgrund von Matrixeffekten bei Most gegenüber Wasser von der doppelten Varianz (0,002%) im Vergleich zur Dichtemessung von destilliertem Wasser (siehe Kapitel 3.4.3) ausgeht, entspricht dies bei $\pm 2\sigma$ Fehlertoleranz einem Absolutwert von $\pm 0,04^\circ\text{Oe}$. Dies macht die Bestimmung der Dichte bei Vergleichen von Versuchsvarianten, die auf der gleichen Matrix beruhen (Bsp.: Rieslingmost), sehr aussagekräftig. Weiter kann man aus dem $d_{20/20}$ -Wert den Zuckergehalt eines Mostes errechnen. Es gibt eine quadratische Beziehung ($R^2=1,0000$) zwischen dem Wert $^\circ\text{Brix}$, also des Massenprozentanteils des Zuckers an der Lösung und der Dichte $d_{20/20}$:

$$^\circ\text{Brix} = -0,0002 * d_{20/20}^2 + 0,2555 * d_{20/20} + 0,0519$$

Die auf diese Weise erhaltenen Zuckerwerte haben den Vorteil, dass sie wesentlich reproduzierbarer sind als die mittels HPLC erhaltenen Zuckerwerte der Moste (siehe Kapitel 3.4.7). Außerdem erfolgte die Biegeschwingermessung unmittelbar nach der Probenahme, was bei den HPLC-Messungen nicht immer möglich war. Dennoch kann eine Zuckerbestimmung, die allein auf der Dichte beruht, eine direkte Zuckermessung nicht ersetzen, weil die Richtigkeit fraglich ist. Denn zur Dichte eines Mostes tragen nicht nur Zucker bei.

Weiterhin wurden die $d_{20/20}$ -Werte der Weine zur Bestimmung des Gesamtextraktes herangezogen. Sind von einem Wein Dichte und Alkoholgehalt bekannt, so kann der Gesamtextrakt berechnet werden. Aus dem Gesamtextrakt ergibt sich der zuckerfreie Extrakt, indem man den Zuckergehalt subtrahiert und der Restextrakt, indem man Zucker- und Säuregehalt subtrahiert.

Fern N-Wert als Maß für die Aminosäurekonzentration im Most: Aminosäuren nehmen an den verschiedensten Stoffwechselvorgängen lebender Zellen teil. In der wachsenden Traube werden die Aminosäuren verstärkt zum Zellaufbau benötigt. In der Reifungsphase ist der Bedarf geringer, so dass die Konzentration der freien Aminosäuren in der Traube ansteigt. Insbesondere die Argininkonzentration steigt in den Beeren stark an, was zu einem Anstieg der Gesamtaminosäure-N-Konzentration führt. Für die Gärung des Mostes ist die Aminosäurekonzentration von entscheidender Bedeutung, da bis zu 60% der Gesamt-N-Konzentration im Most aus den Aminosäuren stammt. Für die Hefen sind außer Prolin alle Aminosäuren assimilierbar. Die mengenmäßig bedeutendste N-Quelle für die Hefen stellt Arginin. Daher ist die Gärungsintensität mit der Argininkonzentration des Mostes korreliert [Prior 1997]. Der Gehalt an Aminosäuren in der Traube ist temperaturabhängig. Je kühler die Witterung, desto mehr freie Aminosäuren liegen im Most vor. Dies liegt an der verminderten Proteinsynthese in den nicht vollständig ausreifenden Beeren. Weiterhin wird der Aminosäuregehalt durch die Blattfläche des Traubenstocks und die Fruchtmasse bestimmt. Je weniger Ernteertrag, desto mehr Aminosäuren findet man in der Traube. Diese Beobachtungen stimmen allerdings nur, solange keine Sekundärinfektion der Trauben mit *Botrytis cinerea* stattgefunden hat. Dieser Pilz verbraucht freie Aminosäuren und synthetisiert seinerseits Eiweiße zur Mycelbildung [Würdig, Woller 1989].

Der Aminosäuregehalt der Trauben, vor allem Arginin und Glutamin, wird stark bestimmt durch die Stickstoffversorgung aus dem Boden [Prior 1997]. Man führt die in den letzten 10-15 Jahren verstärkt festgestellte Problematik der untypischen Alterungsnote („UTA“) im Wein, ein Geruchseindruck von Fuselalkohol, nasser Lappen, Antikwachs oder Mottenkugeln [Fischer, Sponholz 2000], unter anderem auf weniger Niederschlag und eingeschränkte Düngung im Weinberg zurück. Dadurch werden weniger N-Substanzen in der Pflanze gebildet und die Vollreife der Traube wird nicht erreicht. Die für dieses „UTA“-Fehl aroma hauptsächlich verantwortliche Substanz ist das mit einem Geruchsschwellenwert von 0,7-1,0µg/L eine „Naphthalinnote“ verursachende 2-Aminoacetophenon [Rapp 1995; Rapp, Versini et al. 1993]. Dieses wird aus 3-Indoylessigsäure durch radikalische Reaktionen nach Schwefelung der Jungweine gebildet [Gebner, Köhler 2002]. Hoenicke, Simat et al. [Hoenicke, Simat et al. 2001] stellten in diesem Zusammenhang fest, dass niedrigere Konzentrationen von N-Substanzen die 2-Aminoacetophenon-Bildung eher fördern als höhere Konzentrationen von 3-Indoylessigsäure. Dies würde erklären, dass „UTA“ vor allem in unreifem Lesegut mit weniger guter Aminosäureversorgung oder in Weinbergen mit Trockenstress gefunden wurde. Durch Anhebung der Aminosäurekonzentrationen und der Aufkonzentrierung weiterer N-Verbindungen könnten der Mostkonzentrierung „UTA“ mindernde Eigenschaften zukommen.

Die in dieser Arbeit angewendete Aminosäure-Analytik beschränkte sich auf die Bestimmung des Fern-N-Wertes, einem auf der Aminosäure Arginin beruhenden, enzymatischen Test (Arginasereaktion). Wie oben ausgeführt, ist diese Aminosäure entscheidend für die Gärintensität und damit ein wichtiger Parameter für die Beurteilung der Heferversorgung mit Stickstoff. Laut Amann, Sigler und Krebs [Amann, Sigler et al. 2002] muss man bei Fern-N-Werten bis 25 und Formolzahlen bis 10 mit einer deutlichen UTA-Ausprägung im Wein rechnen.

Bei Mostkonzentrierungsvorgängen ist nicht zu erwarten, dass die Aminosäureverhältnisse entscheidend verändert werden, da Aminosäuren wie Glycin (75,07g/Mol) als kleinste Spezies schlecht durch UO-Membranen permeieren. Sie liegen beim pH-Wert von Most teilweise in ihrer kationischen Form und teilweise in Zwitterionenform vor. Beide Formen sind polar und die Permeation durch die unpolare Membran wird gehindert. Außerdem sind beide Formen durch eine Hydrathülle stabilisiert und nicht flüchtig [Belitz, Grosch 1992]. Daher sollten die Aminosäurekonzentrationen auch nicht durch die VD beeinflusst werden. Vielmehr ist zu erwarten, dass die Gesamtmenge der Aminosäuren durch die Mostkonzentrierung je nach entzogener Wassermenge angereichert wird. Insofern ist die Bestimmung des Fern-N-Wertes ausreichend zur Beschreibung der Aminosäurekonzentrierung durch physikalische Verfahren.

Formolzahl: Die Formolzahl stellt eine Kennzahl dar, die für bestimmte Frucht- und Gemüsesäfte charakteristisch ist. Aufgrund dieser Zahl sind keine spezifischen Rückschlüsse erlaubt auf Art und Konzentration der umgesetzten Substanzen, da Formaldehyd im basischen Medium Aminogruppen,

Ammoniak und primäre Amine vollständig, sekundäre Aminogruppen und phenolische Hydroxylgruppen teilweise, tertiäre Amine, Thiolgruppen und aliphatische Hydroxylgruppen nicht erfasst [Matissek, Schnepel et al. 1992]. Die Korrelation der Formolzahl mit dem per HPLC ermittelten Aminosäurestickstoff bei Mosten ist nicht möglich [Fischer 2000]. Es können aber Aussagen über An- und Abreicherung der insgesamt erfassten Substanzen durch Mostkonzentrierung getroffen werden. Folgender Reaktionsmechanismus liegt der Formolzahlbestimmung zugrunde (siehe Abbildung 2.1):

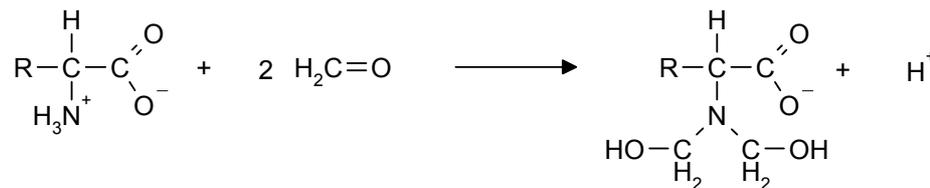


Abbildung 2.1 Reaktionsmechanismus primärer Aminogruppen mit Formaldehyd bei pH 8,1 [Matissek, Schnepel et al. 1992]

Glycosid-Glucose (G-G) bei Mosten: Die Glycosid-Glucose ist ein Maß für im Most vorliegende Vorläufersubstanzen, die nach säurekatalysierter oder mit der Gärung einhergehender enzymatischer Hydrolyse wertgebend für den Wein sind [Fischer, Trautmann et al. 2001]. Der Anteil freigesetzter Monoterpene der Glycosidhydrolysate liegt bei 5%. Die bedeutendste freigesetzte Fraktion sind die C₁₃-Norisoprenoide (70%). Weitere 20% sind aromatische Verbindungen vor allem 2-Phenylethanol [Sefton, Francis et al. 1993]. Insofern ist die Bestimmung der G-G ein Parameter für das Potenzial des Mostes und für die Beeinflussung dieses Potenzials durch physikalische Konzentrierungsmaßnahmen.

Photometrie: Das Grundgesetz der Photometrie ist das Lambert-Beersche-Gesetz, genauer das Bouguer-Lambert-Beersche-Gesetz. Beer erkannte, dass der Lichtabsorptionskoeffizient einer farbigen Lösung proportional der Konzentration der im farblosen Lösungsmittel gelösten Substanz ist. Bouguer und Lambert postulierten, dass die differentiale Lichtabsorption einer Lösung, bei konstanter Konzentration der gelösten Substanz, proportional der durchstrahlten Schichtdicke ist. Durch Kombination der Gesetze von Beer und Bouguer und Lambert entstand die folgende Formel:

$$\Phi_{\text{ex}} = \Phi_{\text{in}} * e^{-\kappa\eta * c * d}$$

Dabei ist Φ =Strahlungsfluss (ex = austretend, in = einfallend), $\kappa\eta$ = molarer Absorptionskoeffizient, c = Konzentration, d = Schichtdicke.

Durch Anwendung des natürlichen Logarithmus ergibt sich:

$$\ln\Phi_{\text{in}}/\Phi_{\text{ex}} = \kappa\eta * c * d$$

Dabei wird der Term $\ln\Phi_{in}/\Phi_{ex}$ als Extinktion (E) bezeichnet, den Quotienten Φ_{in}/Φ_{ex} bezeichnet man als optische Dichte (Opazität, A) und die Umkehrung des Quotienten Φ_{ex}/Φ_{in} als Transmission (T) [Falbe, Regitz 1995].

Bei Mosten und Weinen liegt ein komplexes Gemisch von Inhaltsstoffen und somit von verschiedenen Absorptionskoeffizienten vor. Aufgrund von Farbextinktionen der Probe kann man nicht sofort auf Konzentrationen einzelner Inhaltsstoffe rückschließen. Die Messung der Extinktionen bei 420nm (gelb-braun), 520nm (rot) und 620nm (rot-violett) ist vielmehr ein objektiver Parameter für das Erscheinungsbild der Weiß- bzw. Rotmoste sowie der Weiß- bzw. Rotweine. Es können Aussagen über die Bräunung und Hochfarbigkeit von Weißweinen getroffen oder die Farbintensität von Rotweinen näher beleuchtet werden. Photometrische Messungen sind besonders aussagekräftig bei Vergleichsmessungen, basierend auf gleicher Most- bzw. Weinmatrix, wie sie in dieser Arbeit vorliegen.

Gesamtphenolgehalt: Der Gesamtphenolgehalt erfasst sämtliche phenolischen Verbindungen von Mosten und Weinen. Die photometrische Bestimmung erfolgt durch Messung der Extinktion bei 765nm (E_{765}) der in alkalischem Medium gebildeten, blau-violetten Farbe von Wolfram- und Molybdän-Oxid. Diese Oxide entstammen der Reduktion von Phosphor-Wolfram-Säure und Phosphor-Molybdän-Säure (Folin-Ciocalteu-Reagenz: Lösung aus Natriummolybdat, Natriumwolframat mit Salz- und Phosphorsäure [Falbe, Regitz 1995]) bei der Oxidation der phenolischen Bestandteile [Scholten, Kacprowski 1992]. Grundlage der Bestimmung ist das Bouguer-Lambert-Beersche-Gesetz (siehe oben). Über eine Kalibrierung, die in dieser Arbeit mit Gallussäure durchgeführt wurde, aber auch mit Catechin oder Tannin erfolgen kann [Möbius, Görtges 1974], ist der Gesamtphenolgehalt in mg/L errechenbar (siehe Kapitel 3.4.5). Die Ergebnisse der Gesamtphenolmessung sind nicht direkt mit der Summe aller über die Phenol- und Anthocyan-HPLC erfassten Substanzen korreliert wie Ritter [Ritter 1995] zeigen konnte. Die Ursache liegt darin, dass mit dem Folin-Ciocalteu-Reagenz auch andere Substanzgruppen außer den Phenolen erfasst werden. So wird das Analyseergebnis durch freie und gesamte schweflige Säure, Zucker, Eisen(II), Ascorbinsäure, Nukleinsäure-Fragmente und aromatische Amine beeinflusst [Scholten, Kacprowski 1992].

Boulton Assay: Boulton [Boulton 1996] entwickelte eine photometrische Methode zur Bestimmung von monomeren und polymeren Anthocyanen und Copigmenten bei Rotweinen. Die Anthocyane sind die eigentlichen Farbpigmente. Die Copigmente sind Verbindungen, die selbst farblos sind, aber aufgrund intermolekularer Wechselwirkungen mit den Pigmenten farbverstärkend wirken. Bei unterschiedlichen flavanoiden Verbindungen wurden Copigmentierungseffekte nachgewiesen [Baranac, Petranovic et al. 1996; Baranac, Petranovic et al. 1997; Baranac, Petranovic et al. 1997; Baranac, Petranovic et al. 1997; Boulton 2001]. Die Bildung der Pigment-Copigment-Komplexe

(Stapel) verläuft spontan in Richtung der Produkte. Unter Ausbildung von π - π -Wechselwirkungen oder/und von Wasserstoff-Brücken-Bindungen wird das farbige Anthocyankation (vgl. Abbildung 2.6) durch das Copigmentmolekül, beispielsweise Quercetin, stabilisiert und zwar dadurch, dass eine Hydratisierung der Flavylium-Form in 2-Position unterdrückt wird. Dadurch liegen mehr Anthocyanmoleküle in der Flavylium-Kation-Form vor. Die Farbe der Lösung wird intensiver und stabiler [Baranac, Petranovic et al. 1996; Boulton 2001].

Kationen in Traube, Most und Wein: Der Ammoniumgehalt in der Traubenbeere nimmt mit zunehmender Reife ab. Grund dafür ist der Stickstoffhaushalt höherer Pflanzen. Ammonium und Nitrat sind die Ausgangsstoffe für den gesamten Stickstoff- und Eiweißstoffwechsel. Dabei muss NO_3^- zu NO_2^- und dann zu NH_4^+ reduziert werden, bevor die Aminosäuren synthetisiert werden. Mit zunehmender Beerenreife steigt die benötigte Aminosäuremenge und die Vorstufe NH_4^+ wird entsprechend abgebaut. Die NH_4^+ -Konzentration ist positiv mit der Säurekonzentration korreliert. Mit zunehmender Beerenfäulnis nimmt der Ammoniumgehalt ab, da die Pilze zur Bildung ihrer Biomasse die Stickstoffsubstanzen der Traube verbrauchen [Würdig, Woller 1989]. Daher muss speziell bei faulem Lesegut auf die ausreichende Stickstoffversorgung des Mostes geachtet und notfalls nachgebessert werden, da auch die Gärhefen NH_4^+ und Aminosäuren für ihren Stoffwechsel benötigen. Nach der Gärung ist im Wein meist kein NH_4^+ mehr auffindbar, es sei denn, dass Gärhilfen zugesetzt wurden.

Die Aufnahme von Kalium, Calcium und Magnesium in die Traubenbeeren wurde ausführlich von Schaller, Löhnertz und Chikkasubbanna für fünf Rebsorten untersucht [Schaller, Löhnertz et al. 1992; Schaller, Löhnertz et al. 1992; Schaller, Löhnertz et al. 1992]. Dabei ergaben sich rebsortenspezifische Unterschiede. Allgemein besteht der Trend, dass Kalium während der Traubenreife in großen Mengen eingelagert wird (von $102\mu\text{g K}^+$ /Beere auf $2250\mu\text{g K}^+$ /Beere bei Riesling). Während Riesling während der Reifezeit kontinuierlich K^+ einlagerte, wurde beispielsweise bei Müller-Thurgau und Silvaner während der Abreifephase eine leichte Abnahme der K^+ -Konzentrationen festgestellt.

Die Calciumkonzentrationen steigen während der ersten Phase der Traubenreife schnell an (von $42\mu\text{g Ca}^{2+}$ /Beere auf $102\mu\text{g Ca}^{2+}$ /Beere bei Riesling), während die K^+ -Konzentrationen aber noch weiter stark erhöht werden, beginnt schon eine leichte Auslagerung der Ca^{2+} -Ionen aus der Beere um noch einmal mit beginnender Abreifephase leicht anzusteigen.

Magnesium wird von Riesling in ähnlicher Weise wie Calcium in die Beeren eingelagert. Zunächst erfolgt eine rasche Zunahme, dann eine Stagnation und in der Abreifephase wieder ein leichter Anstieg. Ein konträre Entwicklung wird bei den Rebsorten Müller-Thurgau und Silvaner beobachtet, bei denen kontinuierlich Mg^{2+} -Ionen in die Beeren eingelagert werden (von $19\mu\text{g Mg}^{2+}$ /Beere auf $216\mu\text{g Mg}^{2+}$ /Beere bei Müller-Thurgau) und erst während der Abreifephase leichte Auslagerungstendenzen (Silvaner) festgestellt werden können.

Während und nach der Gärung bleiben die Konzentrationen von Mg^{2+} weitgehend unverändert. Im Gegensatz dazu werden die Gehalte von Ammonium durch die Hefe aufgebraucht, die Kaliumgehalte durch Weinsteinausscheidung stark reduziert und auch Calciumtartratausscheidungen durch die Veränderung der Löslichkeit im Wein beobachtet [Würdig, Woller 1989]. Die Mg^{2+} -Konzentrationen im Wein sind ein vielversprechender Parameter zum Nachweis der Mostkonzentrierung. Allerdings schwanken die Magnesiumkonzentrationen abhängig von Rebsorte und Lage so stark, dass eine direkte Aussage ohne Vergleichsvariante nicht möglich erscheint.

Die Bedeutung der Zucker und Alkohole in Traube, Most und Wein:

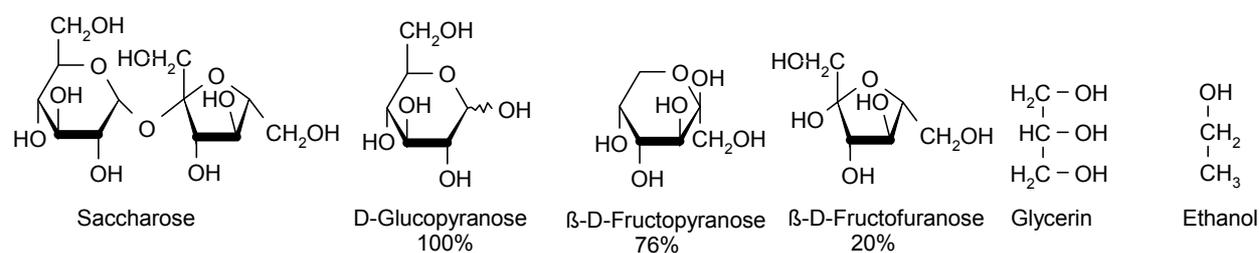


Abbildung 2.2 Strukturformeln der mittels HPLC (siehe Kapitel 3.4.7) analysierten Zucker und Alkohole (Prozentwerte geben die Gleichgewichtszusammensetzung von Aldosen und Ketosen in wässriger Lösung an [Belitz, Grosch 1992])

In gesundem Lesegut sind die Monosaccharide D-Glucose und D-Fructose (siehe Abbildung 2.2) im Verhältnis 1:1 anzutreffen. In Mosten aus Trauben, die mit *Botrytis cinerea* befallen sind, ist das Verhältnis weit zugunsten der Fructose verschoben, da der Pilz eine viel höhere Umsatzrate für Glucose hat [Dittrich 1987].

Das natürliche 1:1-Verhältnis entsteht aus der Hydrolyse der Zuckertransportform, nämlich der Saccharose. Bei Säften von *Vitis vinifera* findet man einen natürlichen Saccharosegehalt von 10g/L, aber nur sofort nach dem Pressen und durch Beerenaufschluss mit Methanol, um die traubeneigenen Invertasen zu deaktivieren. Im Normalfall ist selbst nach Saccharoseanreicherung des Mostes keine Saccharose mehr im Probefläschchen nachweisbar, da das Disaccharid im sauren Medium schnell zu Glucose und Fructose hydrolysiert. Unterstützt wird diese Hydrolyse durch das Exoenzym Invertase der Hefen, die allgegenwärtig sind.

Die Glucose in wässriger Lösung liegt überwiegend in pyranosidischer Ringform vor. Fructose in wässriger Lösung liegt zu 76% in der β-pyranosidischen und zu 20% in der β-furanosidischen Form vor [Belitz, Grosch 1992].

Glycerin (1,2,3-Propantriol) ist eine klare, sirupartige, süßschmeckende, aber geruchlose Flüssigkeit. Es liegt in Mosten aus gesundem Lesegut nur in geringen Mengen vor (bis 0,4g/L). Durch Infektion mit *Botrytis cinerea* werden bedeutend höhere Konzentrationen freigesetzt und zwar durch diesen Pilz selbst, aber auch durch Sekundärinfektionen mit Hefen. In diesem Zusammenhang von Bedeutung ist

Candida stellata, die in sehr hohen Zellzahlen auf *Botrytis* infizierten Trauben vorkommt und in großen Mengen Glycerin bildet [Würdig, Woller 1989]. Durch die alkoholische Gärung des Mostes zu Wein kommt zu dem Mostglycerin das durch *Saccharomyces* gebildete Gärungsglycerin hinzu.

Ethanol ist stets ein Produkt von Hefen und kommt im Most aus gesunden Trauben nicht vor. Erst durch die alkoholische Gärung werden große Mengen Ethanol gebildet.

Die Bedeutung der organischen Säuren in Traube, Most und Wein:

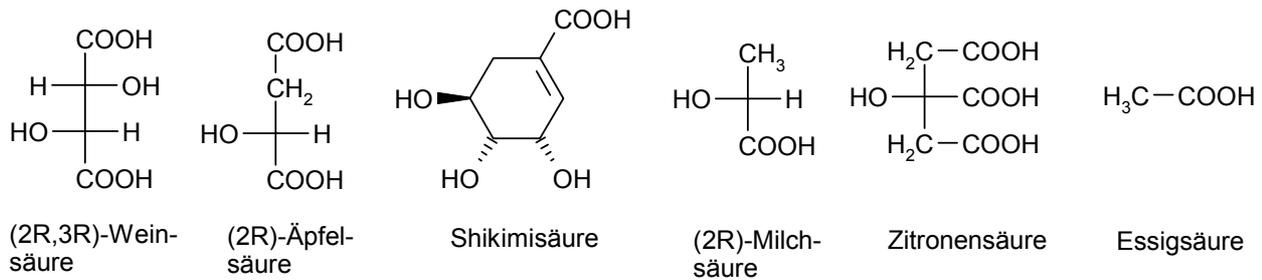


Abbildung 2.3 Strukturformeln der mittels HPLC (siehe Kapitel 3.4.8) analysierten organischen Säuren

Die natürliche Form der Weinsäure (Dihydroxybernsteinsäure; Salz, Ester: Tartrat) ist die L-(+)-Weinsäure bzw. nach Cahn-Ingold-Prelog-Nomenklatur die (2R,3R)-Weinsäure. Sie ist mit $\text{pK}_{s1}=2,98$ und $\text{pK}_{s2}=4,34$ eine starke Säure [Falbe, Regitz 1995]. Weinsäure kann bereits in der Rebe mit Kalium ein Salz bilden, das Kaliumhydrogentartrat (Weinstein). In wässrigem Medium bei 15°C liegt die Löslichkeit von Weinstein bei 4,4g/L. Mit steigendem Alkoholgehalt nimmt die Löslichkeit stark ab, so dass durch die Gärung ungefähr 1g Weinstein entsprechend 0,4g/L titrierbare Säure verloren gehen. Calciumtartrat-Tetrahydrat, das beim Entsäuern mit Calciumcarbonat entsteht, hat in wässriger Lösung bei 15°C eine Löslichkeit von nur 0,16g/L. Sowohl das Kalium- wie auch das Calciumsalz der Weinsäure zeigen aufgrund ihrer langsamen Kristallisationsgeschwindigkeit die Eigenschaft, übersättigte Lösungen zu bilden. Dies kann dazu führen, dass die Salze erst nach der Abfüllung in der Flasche ausfallen.

Die Äpfelsäure (Monohydroxybernsteinsäure; Salz, Ester: Malat) ist die Hauptsäurekomponente bei *Vitis*-Spezies. Die natürliche Form ist die L-(-)-Äpfelsäure bzw. (2R)-Äpfelsäure. Äpfelsäure wird hauptsächlich in den jungen, noch wachsenden Geweben von Blättern und Trauben gebildet. Es gibt zwei Bildungswege. Zum einen über die Fixierung von CO_2 an Phosphoenolpyruvat unter Bildung von Oxobernsteinsäure (Oxalacetat), die dann zu Malat reduziert wird. Zum anderen über den Citratzyklus [Würdig, Woller 1989].

Die Shikimisäure (3,4,5-Trihydroxy-1-cyclohexencarbonsäure) spielt eine Schlüsselrolle bei der Biosynthese aromatischer Aminosäuren wie Phenylalanin, Tyrosin und Tryptophan. Diese werden

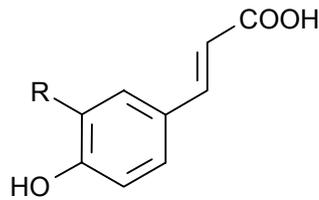
über den so genannten Shikimisäure-Weg aufgebaut [Vostrowsky, Hirsch 2000]. Auch die Biosynthese der Gallussäure zweigt vom Shikimisäure-Weg ab [Falbe, Regitz 1995].

Die Milchsäure (2-Hydroxypropansäure; Salz, Ester: Lactat) liegt im Most normalerweise nicht vor, sondern wird erst durch die Malolactische-Fermentation (biologischer Säureabbau, BSA) durch Milchsäurebakterien (Stämme: Oenococcus, Lactobacillus und Pediococcus) über Decarboxylierung der Äpfelsäure gebildet. Die bevorzugt für den BSA eingesetzten heterofermentativen Lactobazillen vom Stamm Oenococcus oenos bilden die D(-)-Milchsäure ((2R)-Milchsäure) bis 6g/L. Hefen bilden die L(+)-Milchsäure ((2S)-Milchsäure) bis 1g/L [Eisenbrand, Schreier 1995].

Die Zitronensäure (2-Hydroxy-1,2,3-propantricarbonsäure; Salz, Ester: Citrat) findet man in Traubenmosten nur in vergleichsweise geringen Konzentrationen bis 0,2g/L. Waren die Trauben mit Botrytis-, Penicillium- oder Aspergilluspilzen befallen, können die Konzentrationen auf 0,6g/L steigen [Würdig, Woller 1989].

Die Essigsäure (Ethansäure; Salz, Ester: Acetat) ist die in der Natur am weitesten verbreitete Säure, da ihr, als aktivierte Essigsäure an Coenzym A gebunden (Ac-S-CoA), eine bedeutende Rolle bei der Synthese vieler Substanzen (Fette, Ester usw.) und bei der Energiegewinnung (Zitratzyklus) beikommt. Sie liegt in freier Form in Mosten nur in geringen Mengen vor. Lediglich nach Verletzung der Beeren durch Hagel, Vogelfraß, Insekten und Schimmelpilzen kann es zu Sekundärinfektionen mit Hefen und Bakterien kommen, wodurch bedeutende Mengen Essigsäure freigesetzt werden. Im Extremfall riechen die Trauben stark nach Essig und sind nicht mehr für die Weinbereitung zu gebrauchen [Würdig, Woller 1989]. Der Grenzwert flüchtiger Säure, zu der die Essigsäure den größten Beitrag leistet, liegt bei 1,08g/L bei teilweise gegorenem Most, Weiß- und Roséwein und 1,2g/L bei Rotwein (Verordnung (EG) Nr. 1493/1999 [2001]). In dieser Arbeit wird die Beeinflussung der Essigsäure durch physikalische Most- bzw. Weinkonzentrierung näher beleuchtet.

Die Bedeutung der Phenole in Traube, Most und Wein: Die Rotweine verdanken ihren Namen der roten Farbe, die sie aus den Beerenschalen der entsprechenden Weintrauben beziehen. Rotweine werden aber nicht nur wegen ihrer Farbe geschätzt. Sie verursachen beim Verkosten ein Mundgefühl geprägt von „Körper“, „Wärme“, „Nachhaltigkeit“, „Bitter“ und „Adstringenz“. Diese Eigenschaften werden vom Konsumenten immer mehr geschätzt, da der Rotweinabsatz in den letzten Jahren kontinuierlich anstieg (in den Jahren von 1986 bis 1997 von 33 auf 53% [Fischer, Strasser et al. 2000]). Im Gegensatz zu Weißweinen werden die Rotweine weniger durch ihren Geruch (sei es ortho- oder retronasal) definiert als vielmehr durch ihren Geschmack. Verantwortlich für diese Effekte sind phenolische Substanzen, die man grob in nicht flavonoide und flavonoide Phenole einteilen kann.



Grundstruktur:
4-Hydroxyzimtsäure

R=OH: Kaffeesäure

Abbildung 2.4 4-Hydroxyzimtsäure und Derivate

Die nicht flavonoiden Phenole sind hauptsächlich Phenolcarbonsäuren, genauer Derivate der 4-Hydroxybenzoesäure und der 4-Hydroxyzimtsäure (siehe Abbildung 2.4), deren Ursprung das Fruchtfleisch und der Pulpensaft der Traubenbeere ist. Sie finden sich auch in Weißweinen und besitzen keine Gerbigkeit, tragen aber zu „Mundfülle“ und „Körper“ des Weines bei [Singleton, Noble 1976].

Die flavonoiden Phenole entstammen den festen Bestandteilen der Traube, also Kerne, Stiele und Beerenschalen und sind in Weißweinen normalerweise nicht zu finden und unerwünscht. Maßnahmen wie Ganztraubenpressung dienen dazu, möglichst schonend und ohne Flavonoidfreisetzung haltbare und fruchtige Weißweine zu erzeugen. Dies wird durch einen reduktiven Weinausbau unterstützt. Im Gegenteil dazu steht die Rotweinerbereitung. Durch ethanolische Extraktion (Maischgärung (MG)) oder thermischen Zellaufschluss (Maischeerhitzung (ME)) wird ein Teil (30-40% bei MG [Boulton 2001]) der beschriebenen Verbindungen freigesetzt und im Wein gelöst. Die flavonoiden Phenole umfassen bei Rotweinen im Wesentlichen die Substanzgruppen der Catechine (siehe Abbildung 2.5), der Anthocyane (siehe Abbildung 2.6) und der polymeren Moleküle, was zusammen auch als Tannin bezeichnet wird. Die flavonoiden Phenole oxidieren und polymerisieren leicht. Dies ist im Rotwein erwünscht und wird durch kellerwirtschaftliche Maßnahmen gefördert [Fischer, Strasser et al. 2000].

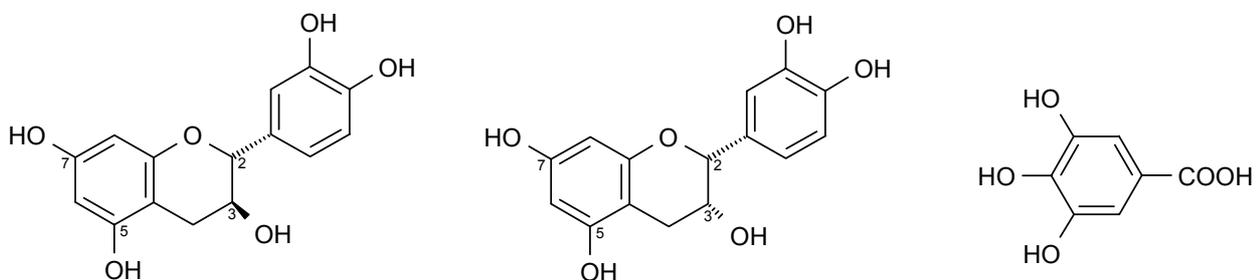
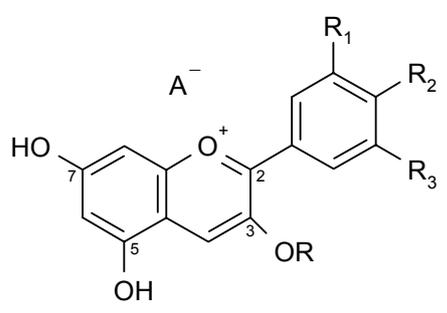


Abbildung 2.5 Kernextraktstoffe von links nach rechts: Catechin, Epicatechin, Gallussäure

Die Anthocyane sind Flavanolderivate und sollen an dieser Stelle etwas näher beschrieben werden. Das mesomeristabilisierte [Beyer, Walter 1991] und aufgrund konjugierter Doppelbindungen farbgebende Flavylium-Kation (Anthocyanidin) ist an 3-Position über eine Etherbindung mit einem D-Glucosemolekül (an 1-Position) verbunden und bildet so das Anthocyan. Das Glucosemolekül seinerseits kann noch mit einem Acetat-, Kaffeeoyl- oder Cumarylrest verestert sein. Das Verhältnis acetylierter zu cumarylierten Anthocyanen ist rebsortenspezifisch und kann zur Authentizitätsprüfung herangezogen werden [Holbach, Marx et al. 2001; Otteneder, Holbach et al. 2002]. Zur Unterscheidung von Europäerrebe *Vitis vinifera* und interspezifischen Kreuzungen (Hybriden) wird die Glucosebindung an 5-Position des Anthocyanidins herangezogen, die in erstgenannter Spezies nicht vorkommt [Holbach, Marx et al. 2001].



Verbindung	R ₁	R ₂	R ₃	λ _{max} (nm) für R=Glc
Pelargonidin	H	OH	H	506
Cyanidin	OH	OH	H	525
Päonidin	OCH ₃	OH	H	523
Delphinidin	OH	OH	OH	535
Petunidin	OCH ₃	OH	OH	535
Malvidin	OCH ₃	OH	OCH ₃	535

Abbildung 2.6 Anthocyanstruktur und Absorptionsmaxima der Glucoside [Belitz, Grosch 1992]

Außer den sensorischen Eigenschaften der Phenole werden ihnen auch gesundheitsfördernde zugeschrieben, beispielsweise die geringere Rate an Herz-Kreislaufkrankungen bei regelmäßigem Rotweinkonsum in einigen Gegenden Frankreichs, trotz hohen Fettverzehr (Französisches Paradoxon) [Worm]. Burns, Gardner et al. [Burns, Gardner et al. 2000] stellten fest, dass vasodilatorische und antioxidative Eigenschaften von Rotweinen sehr stark mit dem Gesamtphenolgehalt korrelieren. Einzelne Phenolspezies für sich betrachtet, konnten die beobachteten Effekte nicht erklären. Vielmehr scheinen kumulative Beiträge von flavonoiden und nicht flavonoiden Phenolen für die Beobachtungen verantwortlich zu sein.

Die Bedeutung von Terpenen, Alkoholen, Estern und Säuren als Aromastoffe in Trauben, Most und Wein: Die Terpene bilden eine heterogene Klasse von Naturstoffen. Es gibt sie im flüchtigen, niedermolekularen bis zu hochmolekularen, polymeren Zustand. Man findet acyclische, cyclische und kondensierte Terpene bei den Substanzklassen Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ketone und Aldehyde, Epoxide, heterocyclische Verbindungen, Ether, Carbonsäuren und Ester.

Die Monoterpene leisten einen bedeutenden Beitrag zum Traubenbukett. Sie liegen meist glycosidisch gebunden in der Traubenbeere vor. Durch Verarbeitungsprozesse der Trauben hydrolysieren die Glycoside oder werden durch freigesetzte β -Glucosidasen gespalten. Erst nach Abspaltung der Monoterpene von ihrem Glycosylrest werden sie aromawirksam. Der Prozess der hydrolytischen Freisetzung von Aglyca aus Glycosiden läuft von der Maische über die Gärung bis über die Weinlagerung ständig fort. Die freigesetzten Aromastoffe treten in Wechselwirkungen mit dem umgebenden Medium und können, wie unten beschrieben, weiterreagieren. Die Substanzklasse der Monoterpene ist für diese Arbeit besonders interessant, weil man sich von der Mostkonzentrierung eine Anreicherung der im Most vorliegenden Aromastoffe und deren Vorläufersubstanzen und damit Weine mit intensiverem Rebsortencharakter verspricht [Fischer, Trautmann et al. 2001].

Die Synthese der Monoterpene in der Pflanzenzelle beginnt mit der Mevalonsäure, die formal aus drei Acetylresten gebildet wird. Dies geschieht durch enzymatische Kondensation dreier Acetyl-Coenzym A (Ac-S-CoA) und reduktiver Abspaltung von CoA-SH zur Mevalonsäure (siehe Abbildung 2.7). Anschließend erfolgt eine Aktivierung der Mevalonsäure zu Mevalonsäurepyrophosphat und eine Decarboxylierung und Wasserabspaltung zu Isopent-3-enylpyrophosphat (IPP), das durch eine Isomerase zum stabileren 3,3-Dimethylallylpyrophosphat (DMAPP) umgelagert werden kann. DMAPP wird nucleophil substituiert mit IPP. Es entsteht entweder das (E)-2-Geranylpyrophosphat (GPP) oder (Z)-2-Nerylpyrophosphat.

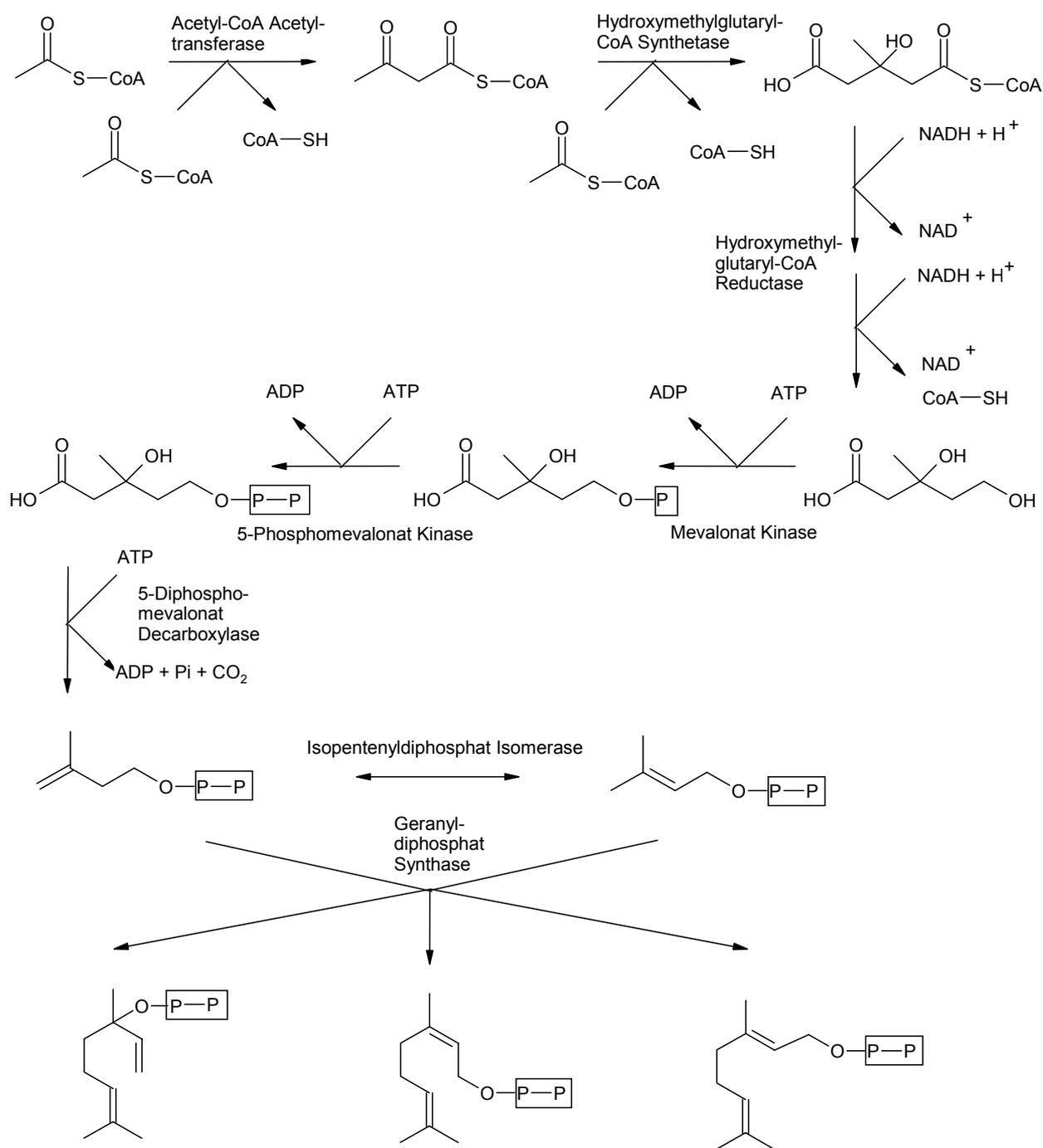


Abbildung 2.7 Hypothetische Umwandlung von Ac-S-CoA zur Mevalonsäure und Bildung von Monoterpenen (P = Phosphatgruppierung) [Tomás-Barberán, Robins 1997]

Durch weitere Verknüpfung von GPP mit IPP entsteht das Farnesylpyrophosphat, das die Vorstufe zu den höhermolekularen Terpenen darstellt [Tomás-Barberán, Robins 1997]. GPP bzw. das Geranylcarbeniumion sind direkte Vorläufer bei der Biogenese der Monoterpene. Weitere Umlagerungs- und Folgereaktionen führen zu acyclischen, cyclischen und polycyclischen Verbindungen (siehe Abbildung 2.8).

Auf diese Art und Weise entstehen die in dieser Arbeit quantifizierten Substanzen Linalool, Geraniol und Nerol sowie Citronellol nach Reduktion von Geraniol bzw. Nerol.

α -Terpineol entsteht durch eine Cyclisierungsreaktion aus Linalool in wässrig, saurer Lösung (siehe Abbildung 2.9). Diese Umlagerung schreitet mit der Lagerdauer des Weines immer weiter fort. Außerdem kann eine nucleophile 1,3-Umlagerung von Linalool zu Geraniol bzw. Nerol stattfinden.

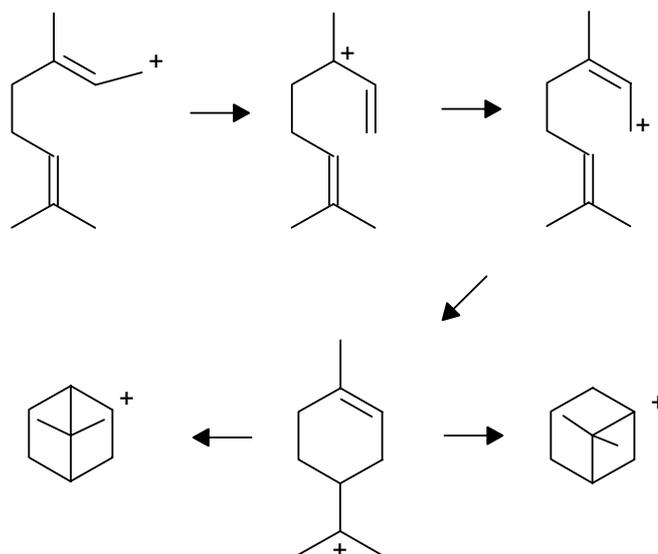


Abbildung 2.8 Mesomerie des Geranylcarbeniumions [Vostrowsky, Hirsch 2000]

Durch säurekatalysierte H_2O -Addition an die Doppelbindung in 6-Position entstehen die entsprechenden Hydroxyderivate.

Eine andere Reaktion an der Doppelbindung in 6-Position der acyclischen Monoterpenalkohole ist die Photohydroperoxid-Bildung. Durch intramolekularen Ringschluss und Reduktion der Hydroperoxide kann das (Z)- und (E)-Linalooloxid in furanoide oder pyranoide Form gebildet werden. Ohne Ringschluss entstehen nach Reduktion der Hydroperoxide die Diendiole, wie das Terpendiol I (3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol) [Würdig, Woller 1989]. Nach einer Kondensationsreaktion der Diendiole werden Trienole wie Hotrienol (3,7-Dimethyl-1,5,7-octatrien-3-ol) oder durch Ringschluss Neroloxid zugänglich.

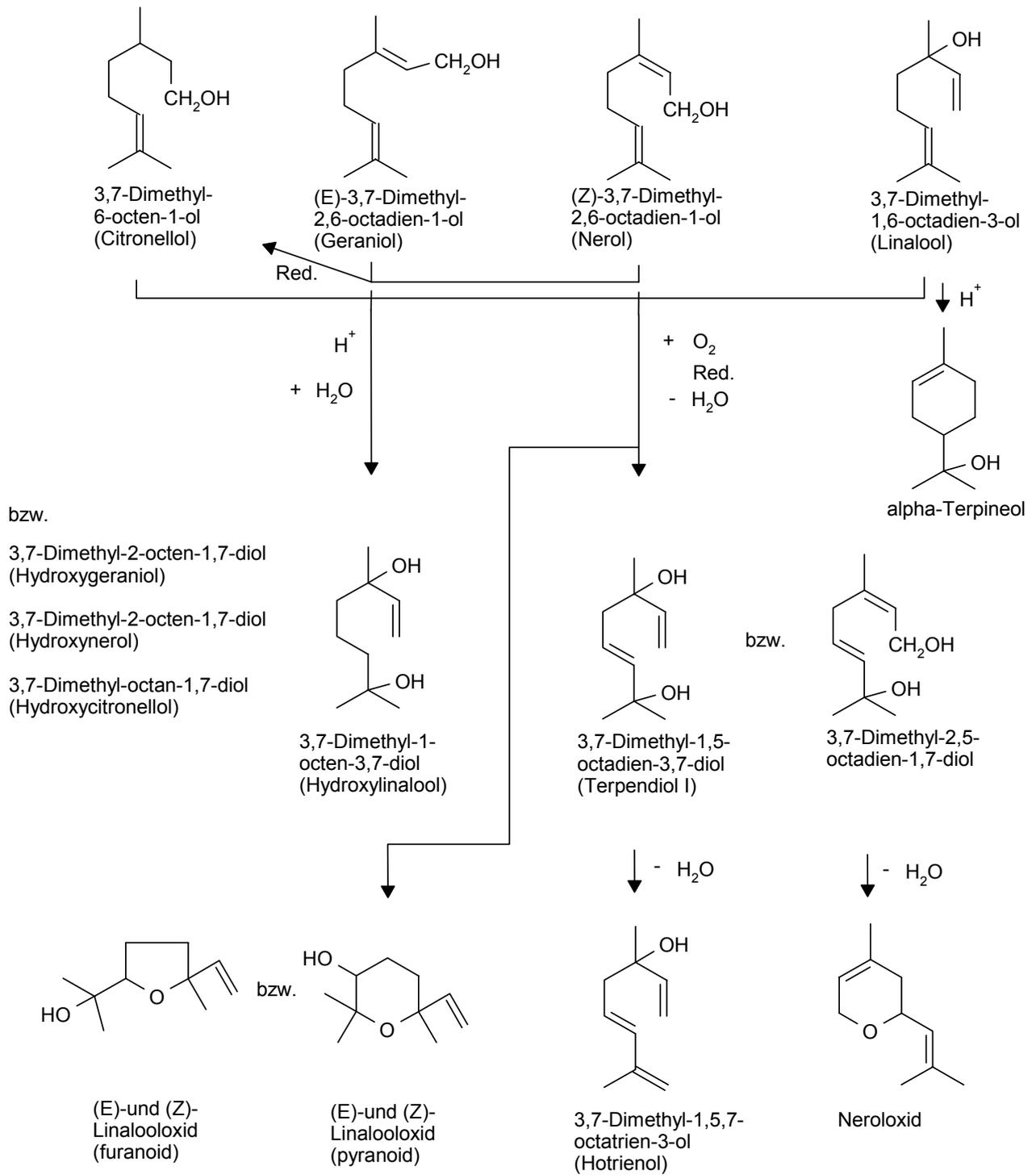


Abbildung 2.9 Bildungsweg einiger Monoterpene mit Bedeutung in dieser Arbeit [Würdig, Woller 1989]

Bei den beschriebenen (siehe Abbildung 2.9) Kondensationsreaktionen ist der Einfluss der Injektion der Aromaextrakte in den heißen Injektor des Gaschromatographen nicht ohne Belang. Hier können Kondensationen auftreten und höhere Konzentrationen der Produkte vortäuschen als tatsächlich im Wein vorlagen. Daher wurde sehr genau darauf geachtet, dass die Injektionen und gaschromatographischen Bedingungen für alle Varianten immer gleich gehalten wurden. So wurde der

Fehler nicht beseitigt, aber die Vergleichbarkeit der Versuchsvarianten bei der Verhältnisbildung der Aromastoffkonzentrationen blieb erhalten.

Bei den Alkoholen muss unterschieden werden zwischen denjenigen, die bereits frei im Most vorliegen und denjenigen, die erst durch die Gärung entstehen (Gärbukett) [Würdig, Woller 1989].

Mit dem Entrappen der Trauben und der Zerstörung von Zellstrukturen beginnt eine Enzym-Kaskade in der Maische. In der Reihenfolge Lipase-Lipoxygenase-Hydroperoxid-Lyase-Aldehyd-Isomerase-Alkohol-Dehydrogenase werden Fettsäuren aus Lipiden freigesetzt. An den ungesättigten Fettsäuren Linolsäure (Z,Z-9,12-Octadecadiensäure) und Linolensäure (Z,Z,Z-9,12,15-Octadecatriensäure) findet eine Hydroperoxidierung an Position 9 bzw. an Position 13 statt. Die Spaltung der Hydroperoxide führt zu Aldehyden und Oxosäuren. Findet die Hydroperoxidierung an Position 13 statt, so entstehen bei Linolsäure Hexan-1-al und 12-Oxo-(Z)-9-dodecansäure, bei Linolensäure (Z)-3-Hexen-1-al und ebenfalls 12-Oxo-(Z)-9-dodecansäure. Durch die Isomerase kann aus (Z)-3-Hexen-1-al das (E)-2-Hexen-1-al gebildet werden. Nach einer Reduktion dieser C₆-Aldehyde werden die C₆-Alkohole erhalten. Diese Verbindungen haben ein grünes, vegetatives Aroma [Tomás-Barberán, Robins 1997]. In deutlich höheren Konzentrationen als die beschriebenen Alkohole aus der Traube liegen die Gärungsalkohole vor. Zuerst wäre das Ethanol zu nennen, das für die berauschende Wirkung des Weines verantwortlich ist. Aus einem Molekül Glucose (C₆H₁₂O₆) entstehen theoretisch zwei Moleküle Ethanol (C₂H₅OH) und zwei Moleküle Kohlendioxid (CO₂). Dabei wird Glucose enzymatisch phosphoryliert und isomerisiert zu Fructose-6-phosphat. Eine weitere Phosphorylierung führt zu Fructose-1,6-diphosphat, das durch eine Aldolase zu Glycerinaldehyd-3-phosphat und Dihydroxyacetonphosphat gespalten wird. Letztere Verbindung kann in Glycerinaldehyd-3-phosphat isomerisiert werden, allerdings wird auch ein Teil hydriert und dephosphoryliert zu 1,2,3-Propantriol (Glycerin). Im weiteren Verlauf der Gärung wird Glycerinaldehyd-3-phosphat zu 1,3-Diphosphoglycerat phosphoryliert. Dephosphorylierung führt zu 3-Phosphoglycerat. Eine Mutase wandelt diese Verbindung zu 2-Phosphoglycerat um, das zu Phosphoenolpyruvat kondensiert wird. Eine Dephosphorylierung ergibt Enolpyruvat, das durch Tautomerie zu Pyruvat wird. Eine Pyruvatdecarboxylase bildet daraus Ethanal (Acetaldehyd). Dieses wird durch eine Alkoholdehydrogenase schließlich zu Ethanol reduziert.

Als alkoholische Nebenprodukte der Hefetätigkeit sind neben Glycerin auch Butan-2,3-diol, 3-Methylbutan-1-ol (Isoamylalkohol), 2-Methylbutan-1-ol, 2-Methylpropan-1-ol und 2-Phenylethanol zu nennen. Butan-2,3-diol wird formal aus zwei Molekülen Ethanal gebildet. Es entsteht zunächst 3-Hydroxy-2-butanon (Acetoin), aus dem durch Hydrierung schließlich Butan-2,3-diol hervorgeht. Isoamylalkohol, 2-Methylbutan-1-ol, 2-Methylpropan-1-ol und 2-Phenylethanol entstehen aus dem Abbau von Aminosäuren. Es sei an dieser Stelle auf allgemeine Abhandlungen über die Chemie des Weines [Würdig, Woller 1989] hingewiesen.

Die organischen Säuren des Weines entstammen dem Zitratzyklus und der Fettsäurebiosynthese der Traube und der Hefen. In der Angärphase, bei der noch aerobe Atmung der Hefen beobachtet wird, entsteht die Butandisäure (Bernsteinsäure). Die Zitronensäure liegt bereits im Most vor. Ihre Konzentrationen schwanken während der Gärung.

Die kleinste Fettsäure ist die Ethansäure (Essigsäure). Sie wird durch die Hefen vorwiegend aus der Oxidation von Ethanal gewonnen. Es erfolgt eine Aktivierung zu Ac-S-CoA. Mit Hilfe dieses aktivierten Moleküles können Kettenverlängerungen der Fettsäuren um C_2 stattfinden. An diesem Vorgang sind viele Enzyme beteiligt, auf die hier nicht näher eingegangen wird. Es entstehen Acyl-S-CoA Moleküle, die mit H_2O hydrolysiert werden können zu der jeweiligen Fettsäure. Sie können aber auch mit einem Alkohol enzymatisch zu dem entsprechenden Ester hydrolysiert werden. Mit steigender Kettenlänge der Fettsäure wird die Fettsäuresynthese gehemmt [Würdig, Woller 1989].

In Pflanzenzellen sind für die Esterbildung je nach Spezies unterschiedliche Alkohol-Acyltransferasen zuständig, so dass unterschiedliche Aromen bei den verschiedenen Früchten entstehen. Die Hauptmenge der Ester im Wein wird jedoch durch die Hefen gebildet. Neben der Alkohol-Acyltransferase-Spezifität ist auch die Verfügbarkeit von Substrat von entscheidender Bedeutung für die Bildung der entsprechenden Ester [Tomás-Barberán, Robins 1997]. Dies ist in der vorliegenden Arbeit von Interesse, da durch unterschiedliche Konzentrierungsverfahren Verschiebungen im Substratangebot (Säure, Alkohol) stattfinden könnten. Dementsprechend wäre auch die Esterbildung eingeschränkt bzw. gesteigert.

3 Material und Methoden

3.1 Angewendete physikalische Konzentrierungstechnologien

Dieses Unterkapitel soll die verschiedenen Konzentrierungstechnologien vorstellen und Unterschiede deutlich machen, die zu differenten Ergebnissen in der Most- und Weinzusammensetzung führen können. Die technischen Einzelheiten können an dieser Stelle nicht ausführlich erläutert werden. Ein Hauptaugenmerk liegt auf der Konzentrierung mit UO, weil mit diesem Verfahren der größte Teil der Versuchsmostkonzentrierungen und alle Weinkonzentrierungsversuche durchgeführt wurden.

UO und VD arbeiten kontinuierlich. Aus einem Vorratstank wird das Ausgangsmaterial durch die Anlage gepumpt, dort konzentriert und entweder wieder in den Vorratstank zurück (Kreislauf) oder in einen anderen Tank gepumpt. Die Gefrierkonzentrierung arbeitet diskontinuierlich, da hier je nach Kapazität eine gewisse Menge Trauben gefroren, gemahlen und ausgepresst wird. Dieser Vorgang muss so lange wiederholt werden, bis die nötige Konzentratmenge zum Rückverschnitt mit unbehandeltem Most zur Verfügung steht, um auf den gewünschten potenziellen Alkoholgehalt zu kommen.

3.1.1 Die Umkehrosmose (UO)

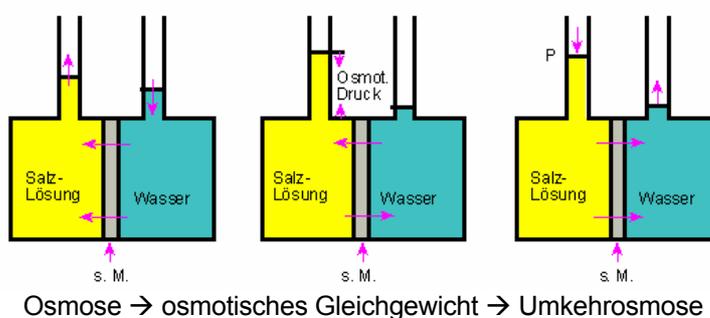


Abbildung 3.1 Osmose und Umkehrosmose (s.M. = semipermeable Membran)

Die Technologie der Umkehrosmose basiert auf dem Phänomen der Osmose, also dem Verdünnungsbestreben einer konzentrierten Lösung (siehe Abbildung 3.1). Liegt eine konzentrierte Lösung von einer weniger konzentrierten Lösung mittels semipermeabler Membran getrennt vor, so wird das Lösungsmittel so lange in Richtung Konzentrat fließen, bis ein Ausgleich zwischen beiden Lösungen erreicht ist. Befindet sich die höher konzentrierte Lösung in einem abgeschlossenen System, so wird durch das Hineindiffundieren des Lösungsmittels allmählich ein hydrostatischer Überdruck erzeugt, der dem Verdünnungsbestreben entgegenwirkt. Diesen messbaren Druck nennt man den osmotischen Druck.

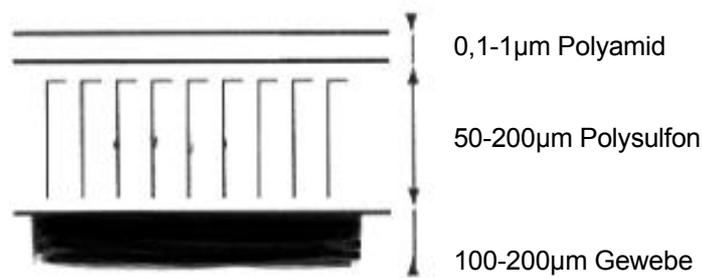
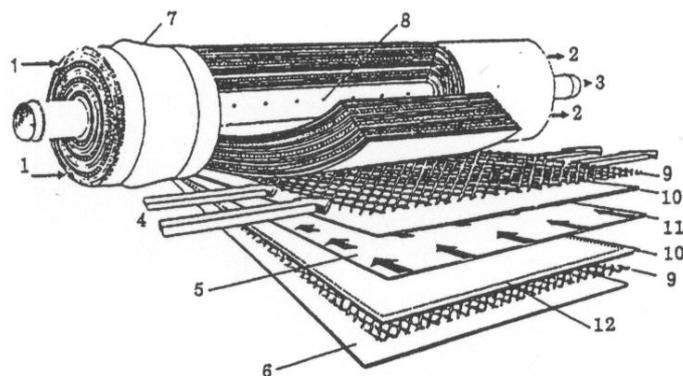


Abbildung 3.2 UO-Membranzusammensetzung

Die Überwindung des osmotischen Drucks durch einen höheren Druck führt zur Umkehrung der Osmose. Im Falle der Mostkonzentrierung wird nahezu reines Wasser (Permeat) aus der konzentrierten Lösung (Most) abgetrennt.



- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1: unbehandelte Most | 7: Dichtg. Modul-Gehäuse |
| 2: konzentrierter Most | 8: Permeatsammelrohr |
| 3: Permeatausgang | 9: Platzhalter |
| 4: Mostfließrichtung | 10: Membran |
| 5: Permeatfließrichtung | 11: Permeatkollektor |
| 6: Außenhülle | 12: Schweißnaht |

Abbildung 3.3 Spiralwickelmodul [Guimberteau, Noilet 1998]

Die bei der Mostkonzentrierung verwendeten Membranen (siehe Abbildung 3.2) sind Polymermembranen aus Polyamid mit einer Polysulfon-Stützschiicht [Falbe, Regitz 1995; Fischer 1995; Guimberteau, Noilet 1998]. Die technische Membrananordnung geschieht bei der Mostkonzentrierung vorzugsweise mit Spiralwickelmodulen, da sie einen guten Kompromiss zwischen Kosten und Nutzen darstellen: Sie verstopfen nicht so schnell, sind gut zu reinigen und besitzen gleichzeitig eine große Membranoberfläche ($1000\text{m}^2/\text{m}^3$) sowie ein geringes Totvolumen. Ebenso sind sie vergleichsweise niedrig in den Anschaffungskosten. Bei diesem Modultypus (siehe Abbildung 3.3) ist eine biegsame Permeatkollektor-Lage (11) zwischen zwei Membranen (10) eingebettet. Dieses

Sandwich ist an drei Seiten verschweißt (12). Die offene Seite führt zum zylindrischen Permeatsammelrohr. Mehrere dieser Sandwichs sind dort fixiert und voneinander durch eine biegsame Kunststoffschicht getrennt (9).

Der Most strömt tangential zur semipermeablen Membran (vergleichbar der Cross-Flow-Filtration [Kettern 1986]) durch diesen Platzhalter (9), während das Permeat über die poröse Drainageschicht (11) und schließlich über das axiale Sammelrohr (3) abgeführt wird. Der Durchmesser dieser Module liegt bei ca. 30cm, ihre Länge bei ca. 150cm [Guimberteau, Noilet 1998]. In Abbildung 3.7 sieht man eine Anlage der Firma Paetzold mit Pumpe, Druckanzeige und 4 parallel geschalteter Spiralwickelmodule, mit einer Leistung von 80-120L Permeatabtrennung in der Stunde, je nach Trubgehalt und Konzentrierungsgrad. Diese Geräte gibt es in verschiedenen Größen bis 1500L Permeatentzug pro Stunde. Dazu werden mehrere Module parallel geschaltet, außerdem kann die Länge der Module variiert werden.

Nachteile dieses Verfahrens sind die erhöhte Trubanfälligkeit und der Reinigungsaufwand. Vorteile sind die Kompaktheit, niedriger Energieverbrauch und die Einfachheit der Bedienung.

3.1.2 Die Vakuumverdampfung (VD)

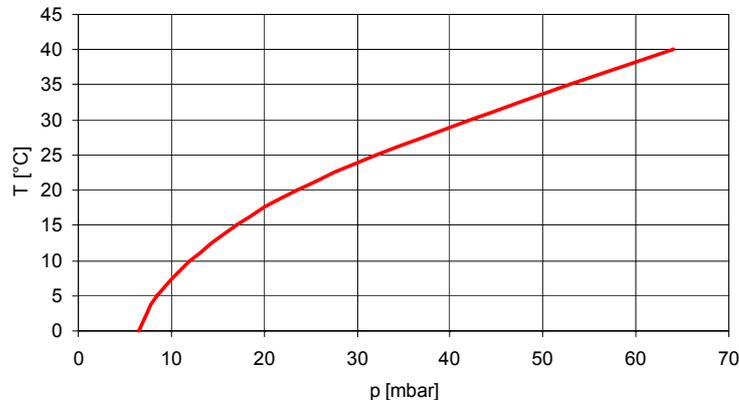
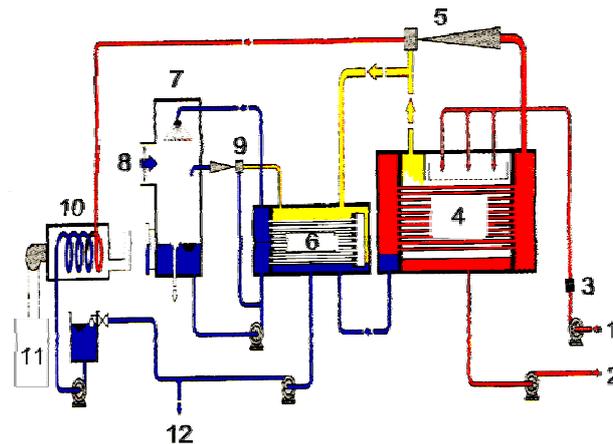


Abbildung 3.4 Mollier-Diagramm (Siedepunkt von Wasser in Abhängigkeit vom Druck)

Wasser siedet bei atmosphärischem Druck auf Meeresebene bei einer Temperatur von 100°C. Würde man bei dieser Temperatur Wasser aus dem Traubenmost verdampfen, entstünden Fehlgerüche (Kochgeschmack) und Maillardprodukte wie z.B. 5-Hydroxymethylfurfural. Daher muss der Druck auf etwa 25mbar reduziert werden, um eine Wasserverdampfung bei 20°C zu ermöglichen (siehe Abbildung 3.4).



- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| 1: unbehandelter Most (10-30°C) | 7: Kühlturm |
| 2: konzentrierter Most (20°C) | 8: Ventilator |
| 3: Filter | 9: Vakuum |
| 4: Verdampfer (20°C) | 10: Dampferhitzer |
| 5: Thermokompressor | 11: Öl oder Gas |
| 6: Kondensator | 12: Destillatablauf |

Abbildung 3.5 Vakuumverdampfer Firma Entropie, Typ MTA [Berger 1998]

Anhand des Mostkonzentrators der Firma Entropie, Typ MTA. (siehe Abbildung 3.5) soll das Funktionsprinzip verdeutlicht werden.

Der Vakuumverdampfer besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- Dem Verdampfer (4), in dem die Mostkonzentrierung stattfindet;
- dem Dampferhitzer (10), der die nötige Energie für die Verdampfung liefert;
- dem Kühlturm (7), zur Kondensation des Dampfes

Der Ausgangsmost (1) wird über einen Vorfilter (3) in den unter Vakuum (25mbar, 20°C) stehenden Verdampfer (4) gepumpt und rieselt über die horizontalen Verdampferrohren. Innerhalb dieser Röhren zirkuliert der aus dem Thermokompressor (5) stammende Wasserdampf bei 40mbar und 30°C. Er gibt einen Teil seiner Energie über die Röhren an den Most ab und kondensiert. Aus dem Most verdampft gleichzeitig ein entsprechender Teil Wasser. Das Konzentrat (2) wird in den Vorratsbehälter zurückgepumpt.

Der Thermokompressor (5) nimmt einen Teil des Dampfes aus dem Most auf und führt ihn wieder durch das Austauscherröhrensystem. Der Rest des Mostwasserdampfes kondensiert als Destillat im äußeren Ring des Kühlers (6), der ebenfalls unter Vakuum steht. Im Inneren befinden sich horizontal verlaufende Kühlrohren, die mit dem Kühlwasser aus dem Kühlturm (7) gespeist werden. Das Destillat wird quantitativ erfasst und kann abgepumpt (12) werden. Falls nicht, geht es in den Heizkreislauf (10) über, wodurch dieser immer wieder mit destilliertem Wasser versorgt wird und nicht so schnell verkalkt. Das Vakuumsystem stellt ein Vakuum in Verdampfer und Kühler sicher. Die durch die Mostzufuhr und durch die Dichtungen eingetragene Luft wird abgesaugt [Berger 1998].

Nachteile dieses Verfahrens sind ein größerer Platzbedarf, Schäumen des Mostes in leicht angelegtem Zustand, Verluste von freien Aromastoffen. Vorteile sind die Möglichkeit einer starken Aufkonzentrierung und die Trubunempfindlichkeit.

Diese Vorteile nutzten andere Forschergruppen [Berger 1998; Krebs 1999] zur Rotmostkonzentrierung bei Maischegärungen, indem der Saft direkt durch ein Sieb aus dem Maischevorratsbehälter abgezogen, konzentriert und dem Vorlagetank wieder zugeführt wurde. Die eigenen Erfahrungen im Jahr 2000 mit trübem Muskatellermost, der über eine Defranceschi-VD-Anlage aufkonzentriert werden sollte, sprachen allerdings dagegen. Dieser Most musste über einen Schichtenfilter filtriert werden, bevor er den Vorfilter der Anlage passieren konnte. Nach dieser Erfahrung wurden sämtliche Versuchsmoste vorfiltriert oder wenigstens mit Pektinasepräparaten enzymiert und der Überstand über Nacht absitzen gelassen. Da der Saft einer Maische zunächst trüb ist, bestehen Zweifel, ob die direkte Konzentrierung möglich ist. Allerdings wurden bei den in der Literatur beschriebenen Konzentrierungsversuchen andere Anlagen verwendet (Entropie bzw. LED Italia). Diese unterscheiden sich durchaus in ihrem Aufbau. Probleme mit der Defranceschi-Anlage im Herbst 1999 wurden auch an anderer Stelle beschrieben [Sigler, Amann et al. 2000]. Dies könnte der Grund für die unterschiedlichen Beobachtungen hinsichtlich Trubempfindlichkeit sein.

3.1.3 Die Gefrierkonzentrierung durch Schrägkühler (SK) bzw. Kühlzelle (KÜZ)

Nach dem Raoult'schen Gesetz ist die Erstarrungspunktserniedrigung eines Lösemittels linear abhängig vom Gehalt eines darin gelösten Teilchens:

$$\Delta T = K * C$$

Dabei bedeutet K=Kryometrische Konstante des Lösemittels, C=Molalität der Lösung [Chauvet 1998]. Mit steigendem Grad der Ausfrierung von Wasser wird die Konzentration der gelösten Stoffe erhöht und der Gefrierpunkt der Lösung sinkt ab.

Für Moste zieht man zur Berechnung des resultierenden Mostgewichtes folgende Formel [Krebs 1999] heran:

$$^{\circ}\text{Oe} = 21 + 17 * ^{\circ}\text{C}$$

Für -10°C erhält man demnach 191°Oe . Das Ausgangsmostgewicht spielt dabei keine Rolle mehr.

Der Forschungsanstalt (FA) Geisenheim (siehe Kapitel 3.2) standen zwei Verfahren für die Traubengefrierung zur Verfügung:

- Die Schrägkühlergefrierung, bei der die ganzen Beeren mit flüssigem Stickstoff in einem Schrägkühler gefroren und anschließend gemahlen werden. Das Mahlgut kommt dann auf die Presse [Weber, Christmann et al. 2002; Weber, Christmann et al. 2002].

- Die Kühlzellengefrierung, bei der die Trauben so lange in einem Kühlraum gelagert werden, bis die erforderlichen Temperaturen im Lesegut erreicht sind. Danach werden die Trauben ähnlich wie bei der Eisweinbereitung abgepresst. Dieses Verfahren wird auch in Frankreich zur Erzeugung von Weißweinspezialitäten (edelsüße Weine, Sauternes) angewendet [Chauvet 1998].

3.2 Die Versuchsweine der Jahrgänge 1999-2001

Während der drei Versuchsjahre zum Themengebiet Most- und Weinkonzentrierung wurden von den Jahrgängen 1999-2001 insgesamt 67 Versuchsreihen ausgebaut. Der Ausbau des 1999er Jahrganges erfolgte komplett in der mit der Staatlichen Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Wein- und Gartenbau (SLFA) Neustadt a.d.W. kooperierenden Forschungsanstalt (FA) in Geisenheim. Bei den Jahrgängen 2000 und 2001 wurden Versuche an beiden Instituten vorgenommen und ausgebaut, um die Anzahl der Versuchsvarianten und damit die statistische Aussagekraft zu erhöhen. Die Kältekonzentrierung verblieb aus logistischen Gründen ausschließlich an der FA Geisenheim. Eine Auflistung der Versuchstätigkeit, getrennt nach Rot- und Weißweinen und der Ausgangsmostgewichte jeder Mostkonzentrierungs-Versuchsreihe wurde in Tabelle 3.1 und Tabelle 3.2 erstellt.

3.2.1 Rotweinversuchsreihen 1999-2001

Tabelle 3.1 Versuchsausbau – Rotweine der Jahrgänge 1999-2001

Jahrgang/Nr.	Rebsorte	Mostgew. [°Oe]	Herkunft	Varianten
99/917-921	Spätburgunder MG	81	FA Geisenhm. / Rhg.	unbeh, sacch, UO, VD, SK
99/968, 971	Spätburgunder MG	90	Pfalz	unbeh, VD
00/916-924	Spätburgunder ME	79	Rheingau	unbeh, sacch, UO, VD, KT, WK
00/946-950	Spätburgunder MG	81	Ahr	unbeh, sacch, UO, VD, SA
00/435-439	Spätburgunder ME	83	Pfalz	sacch, UO(93,103,113°Oe)
00/428-431	Spätburgunder MG	88	SLFA-NW / Pfalz	sacch, SA, UO, VD
01/932-942l	Spätburgunder MG	81	Pfalz	unbeh, sacch, ausged, UO, SA, WK
01/432-433	Spätburgunder MG	88	Pfalz	sacch, SA, UO
01/427-430	Spätburgunder MG	84	Pfalz	sacch, SA, UO, SL, getr
01/401-406	Spätburgunder MG	98	SLFA-NW / Pfalz	sacch, SA, ausged, entbl, begr, UO
01/446-448	Spätburgunder MG	85	Pfalz	sacch, SA, UO, getr
01/457-458	Spätburg. MG WK		SLFA-NW / Pfalz	unbeh, -13%vol Wasserentzug
00/423,425,426	Cabernet Sauvignon MG	77	Pfalz	sacch, SA, UO
00/424,427	Cabernet Sauvignon ME	77	Pfalz	sacch, UO
00/442-444	Cabernet Sauvignon MG	73	Pfalz	sacch, SA, UO
00/414-415	Cabernet Sauvignon MG WK		Rheinhessen	unbeh, -12%vol Wasserentzug

Jahrgang/Nr.	Rebsorte	Mostgew. [°Oe]	Herkunft	Varianten
01/450-452	Cabernet Sauvignon MG	88	Pfalz	sacch, SA, UO
99/908-911	Dornfelder MG	79	Pfalz	unbeh, sacch, UO, VD
00/406-410	Dornfelder MG	63	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO, SA, alte Rebanlage
01/420-422	Dornfelder MG	68	Pfalz	sacch, SA, UO
01/423-424	Dornfelder ME	70	Pfalz	sacch, UO
99/904-907	Portugieser ME	68	Pfalz	unbeh, sacch, UO, VD
00/912-915	Portugieser ME	58	Nahe	unbeh, sacch, VD, VD40%+Verschnitt
01/916-925	Portugieser ME	71	Nahe	unbeh, sacch, ausged, UO(2Stufen), SA, WK
01/413-415	Portugieser MG	65	SLFA-NW / Pfalz	sacch, SA, UO
00/931-940	Lemberger MG	77	Württemberg	unbeh, sacch, ausged, UO, VD, SK, SA, WK
01/947-957I	Lemberger MG	76	Württemberg	unbeh, sacch, ausged, UO, SA, WK
00/440-441	Merlot MG	79	Pfalz	sacch, UO
01/440-442	Merlot MG	79	Pfalz	sacch, SA, UO, getr
00/401-405	Regent MG	86	SLFA-NW / Pfalz	ausged, sacch, SA, UO, VD
01/906-909	Frühburgunder MG	89	FA Geisenhm. / Rhg.	sacch, ausged, Bogrebenschnitt, UO
01/459-460	St. Laurent MG WK		Rheinhessen	unbeh, -20%vol Wasserentzug

ME = Maischeerhitzung, MG = Maischegärung, unbeh = unbehandelt, sacch = saccharoseangereichert, SA = Saftentzug, UO = Umkehrosiose, VD = Vakuumverdampfung, KT = Kühltank, SL = späte Lese, entbl = entblättert, begr = Dauerbegrünung, ausged = ausgedünnt im Weinberg, getr = Traubentrocknung, WK = Weinkonzentrierung (Mostgewichtsangabe nicht nötig)

3.2.2 Weißweinversuchsreihen 1999-2001

Tabelle 3.2 Versuchsausbau – Weissweine der Jahrgänge 1999-2001

Jahrgang/Nr.	Rebsorte	Mostgew. [°Oe]	Herkunft	Varianten
99/922-927	Riesling	82	FA Geisenheim / Rhg.	ausged, unbeh, sacch, UO, VD
99/800-802	Riesling	87	Pfalz	sacch, UO, VD
99/942-944, 946A	Riesling	63	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh, sacch, UO, SK
99/947-951	Riesling	68	SLVA Trier / Mosel- Saar-Ruwer	unbeh, sacch, UO, VD, SK
99/973-976	Riesling	81	Württemberg	unbeh, sacch, UO, VD
99/979-983	Riesling WK		FA Geisenheim / Rhg.	unbeh, -5, -10, -15, -20%vol Wasserentzug
00/941-945	Riesling	58	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh, sacch, UO, VD, SK
00/951- 957,959	Riesling	78	FA Geisenheim / Rhg.	unbeh, sacch, ausged, UO, VD, SK, KÜZ, WK
00/962,964, 965	Riesling	74	FA Geisenheim / Rhg.	unbeh, SK (2Varianten)
00/975-980	Riesling (ohne / mit Botrytis)	69 / 74	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh, sacch, VD (je ohne / mit Botrytis)
00/450-452	Riesling	84	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO+sacch, UO
00/417-422	Riesling Botrytis	78	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO (je für 3 Botrytisstufen 10,35,95%)
01/926-931	Riesling	83	FA Geisenheim / Rhg.	unbeh, sacch, UO, WK
01/943-946	Riesling	84	FA Geisenheim / Rhg.	unbeh, UO, WK
01/410-411	Riesling (früh)	80	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO
01/444-445	Riesling	84	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO

Jahrgang/Nr.	Rebsorte	Mostgew [°Oe]	Herkunft	Varianten
01/455-456	Riesling WK		SLFA-NW / Pfalz	unbeh, -11%vol Wasserentzug
99/938-941	Weißburgunder	80	Pfalz	unbeh, sacch, UO, VD
00/928-930	Weißburgunder	82	FA Geisenheim / Rhg.	sacch, VD, VD40%+Verschnitt
00/445-447	Weißburgunder	88	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO, UO30%+Verschnitt
00/448-449	Weißburgunder WK		SLFA-NW / Pfalz	unbeh, -10%vol Wasserentzug
01/407-408	Weißburgunder (früh)	81	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO
01/453-454	Weißburgunder	93	SLFA-NW / Pfalz	sacch, UO
99/900-903	Müller-Thurgau	73	Rheinhessen	unbeh, sacch, UO, VD
00/901-906, 909	Müller-Thurgau	76	FA Geisenheim / Rhg.	unbeh, sacch, UO, VD, SK, WK
01/900-902	Müller-Thurgau	60	Franken	unbeh, sacch, SK unbeh, sacch, ausged, UO, KÜZ,
01/910-915	Müller-Thurgau	76	FA Geisenheim / Rhg.	WK
99/912-916	Grauburgunder	90	Baden	unbeh, sacch, UO, VD, SK
01/425-426	Grauburgunder	83	SLFA-NW	sacch, UO
99/928-931	Gewürztraminer	83	Pfalz	unbeh, sacch, UO, VD
01/435-436	Gewürztraminer	90	Pfalz	sacch, UO
99/952-956	Silvaner	72	Franken	unbeh, sacch, UO, VD, SK
00/432-434	Muskateller	70	SLFA-NW / Pfalz	sacch, VD, UO
01/903-905	Bacchus	59	Franken	unbeh, sacch, SK
01/416-417	Sauvignon blanc	94	Pfalz	sacch, UO
01/437-439	Chardonnay	80	Pfalz	sacch, UO, SL

unbeh = unbehandelt, sacch = saccharoseangereichert, UO = Umkehrosmose, VD = Vakuumverdampfung, SL = späte Lese, ausged = ausgedünnt im Weinberg, WK = Weinkonzentrierung (Mostgewichtsangabe nicht nötig)

Die Weine wurden in Gärwiederholung (GärWH) ausgebaut, um absichern zu können, ob beobachtete Effekte tatsächlich auf die angewendete Technologie oder auf unterschiedliche Hefetätigkeiten oder andere biologische Prozesse (z.B. biologischer Säureabbau) zurückzuführen waren. Die Weinbereitung wurde innerhalb einer Versuchsreihe immer identisch durchgeführt.

Folgendes Schema kam zur Anwendung:

- Mostschönung / Vorklärung
- Mostkonzentrierung/Anreicherung mit Saccharose
- Zugabe von 25g/hL Reinzuchthefer (an der SLFA Neustadt a.d.W. wurde Oenoferm rouge (Erbslöh, Geisenheim, D) für Rotweine und Fermicru VB1 (DSM, Baume, F) für Weißweine verwendet, an der FA Geisenheim wurde ausschließlich mit Oenoferm Klosterneuburg (Erbslöh, Geisenheim, D) gearbeitet), Zugabe von Gärhilfsstoffen (SIHA Proferm (Begerow, Langenlonsheim, D)) bei kühl (16°C) zu vergärenden Weißmosten
- Erster Abstich/Abpressen und Spundvolllegen sowie Inokulation von Milchsäurebakterien (Oenococcus oeni ALPHA (Lallemand, St. Simon, F)) bei Rotwein
- Zweiter Abstich und SO₂-Konservierung, falls nötig Schönung

- Flaschenfüllung (Einstellung auf 40mg/L freie SO₂, drei Flaschen in Gärwiederholung für die Analytik, Verschnitt des Restes variantenweise für Verkostungen nach zum Teil notwendiger Alkoholangleichung/Zuckerangleichung, falls beide Gärwiederholungen sensorisch vergleichbar)

Zu jeder Versuchsreihe gehören Most- und Weinanalysen die in Anhang 4 und Anhang 5 abgedruckt sind.

3.3 Verwendete statistische Methoden zur Datenaufbereitung

Für eine schnelle und umfassende statistische Auswertung der gesammelten Daten sind Rechner mit entsprechender Software notwendig. Für die ANOVA, den LSD-Test und die Faktoranalyse (PCA) wurde STATISTICA[®] '99 Edition (StatSoft Inc., Tulsa, USA) verwendet.

3.3.1 Varianzanalyse ANOVA und LSD-Test

Um aus allen analytischen und sensorischen Daten die Einflüsse der verschiedenen Konzentrierungsverfahren ermitteln zu können, benötigt man das passende statistische Verfahren. Methode der Wahl ist die Varianzanalyse (analysis of variance = ANOVA) mit anschließendem LSD-Test (least significant difference).

Voraussetzung für die Anwendung der ANOVA ist ein normalverteilter Datensatz. Dies ist bei Versuchsreihen mit verschiedenen Rebsorten in der Regel nicht der Fall. Als Beispiel hierzu ist in Abbildung 3.6 die Shikimisäure dargestellt. Die Shikimisäurewerte in den analysierten Versuchsweinen schwanken je nach Rebsorte zwischen 10 und 130mg/L. Die Abweichungen durch die Konzentrierungsverfahren liegen bei ca. 20% innerhalb der Versuchsreihen. Deshalb überdecken die Einflüsse der Rebsorten die Einflüsse der Konzentrierungsverfahren und die Normalverteilung der Shikimisäuregehalte innerhalb einer Versuchsvariante ist nicht gewährleistet.

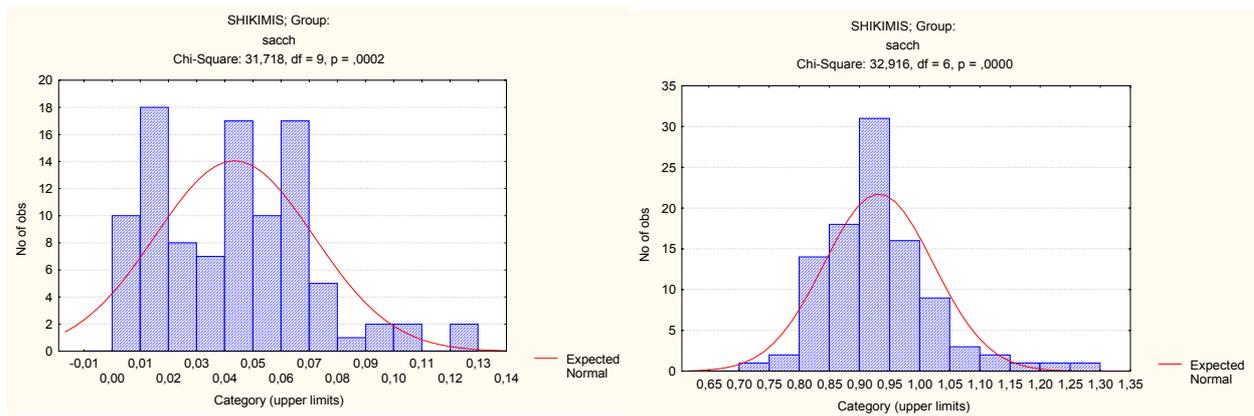


Abbildung 3.6 Darstellung der Anzahl Messwerte im jeweiligen Bereich gegen die Shikimisäuregehalte aller Saccharosevarianten (links Absolutgehalte [g/L], rechts nach Transformation, relativ zum Mittelwert der jeweiligen Versuchsreihe).

Aus diesem Grund wurde eine Transformation durchgeführt, die alle abhängigen Variablen (Analysewerte) und alle unabhängigen Variablen (Varianten) vergleichbar machte. Dazu wurde für jeden Analyseparameter innerhalb einer Versuchsreihe der Mittelwert gebildet und jeder Analysewert der einzelnen Varianten wurde durch diesen Mittelwert dividiert. Auf diese Art und Weise konnte die Normalverteilung sichergestellt werden (siehe Abbildung 3.6). Außerdem wurden Versuchsvarianten, die nicht so häufig durchgeführt wurden und damit einer starken Rebsortendiskriminierung unterlagen, mit allen anderen Varianten vergleichbar.

Die Varianzanalyse untersucht, wie sich die Varianz (Summe der Abweichungsquadrate) einzelner Faktoren (z.B. Konzentrierungsverfahren) bei der Gesamtvarianz einer untersuchten Messreihe bemerkbar macht. Die Varianz, die nicht mit diesen Faktoren erklärt werden kann, wird als Versuchsfehler zusammengefasst.

Den Quotienten aus dem mittleren Abweichungsquadrat, das von einem untersuchten Faktor herrührt (MFQ_{Fa}) und dem mittleren Abweichungsquadrat des ungeklärten Fehlers (MFQ_{Fe}) nennt man F-Wert:

$$F\text{-Wert} = MFQ_{Fa} / MFQ_{Fe}$$

Ein Vergleich des F-Wertes mit statistischen Tabellen kann Aussagen darüber treffen, ob ein Effekt signifikant zur Gesamtvarianz beiträgt. Das für den F-Wert ermittelte Signifikanzniveau p gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese („es bestehen keine Unterschiede“) zutreffen kann, obwohl sie abgelehnt wurde, weil stattdessen die alternative Hypothese („es bestehen Unterschiede“) angenommen wurde.

Beispiel: $p < 0,05$ (signifikant = *) bedeutet, dass die alternative Hypothese mit 95%iger Sicherheit getroffen werden kann, während die Wahrscheinlichkeit, dass die Nullhypothese dennoch zutrifft, bei 5% liegt.

Entsprechendes gilt für:

$p < 0,01$ (hochsignifikant = **) Fehlerwahrscheinlichkeit = 1%

$p < 0,001$ (höchstsignifikant = ***) Fehlerwahrscheinlichkeit = 0,1%

Hat die ANOVA einen signifikanten F-Wert ermittelt, so kann sich der LSD-Test anschließen (post hoc Vergleich), um die Mindestabstände von Mittelwerten (aus den jeweiligen n Messungen) herauszufinden, die sich signifikant unterscheiden. Diese Differenz wird im Englischen als „least significant difference“ = LSD bezeichnet und folgendermaßen berechnet:

$$\text{LSD} = t * \sqrt{2 * \text{MFQ}_{\text{FE}} / n}$$

t = kritischer t-Wert; wird in Abhängigkeit vom gewünschten Signifikanzniveau und den Freiheitsgraden (FG) des Fehlers einer Tabelle entnommen

MFQ_{Fe} = siehe oben

n = Zahl der Messungen

FG = Freiheitsgrade = Anzahl der betrachteten Kriterien - 1

In STATISTICA[®] werden die Mittelwerte jedes betrachteten Kriteriums ausgegeben und in einer Liste mit den jeweiligen Signifikanzniveaus p gegenübergestellt. Die absoluten LSD-Werte für die entsprechenden Signifikanzniveaus werden allerdings nicht dargestellt.

3.3.2 Faktoranalyse (Hauptkomponentenanalyse – PCA)

Die Principal Component Analysis (PCA), oder Hauptkomponentenanalyse, dient vorrangig der Datenreduzierung und Erklärung der dem Datensatz zugrunde liegenden Strukturen. Die aus der Analytik oder Sensorik stammenden Parameter (Variablen) werden durch neue und in der Anzahl reduzierte Variablen, die Principal Components (PCs), ersetzt. Es gibt ebenso viele Principal Components wie Variablen. Die PCs sind lineare Kombinationen der ursprünglichen Variablen und erklären in abnehmenden Maße die Gesamtvarianz. Meist reichen die ersten zwei oder drei Principal Components aus, um einen Großteil der Varianz zu erklären.

Zunächst müssen für die PCA die Ursprungsdaten normalisiert werden. Dazu werden die Einzelwerte einer Variable durch ihre Standardabweichung dividiert und die Variablen unterschiedlichster Größenordnung können in einer PCA verwendet werden. Als Basis zur Entwicklung der Principal Components wird in einem zweiten Schritt eine Korrelationsmatrix zwischen den Variablen erstellt. Zur Veranschaulichung kann in einer Ebene, die durch die ersten beiden PCs definiert wird, eine Variable als lineare Kombination dieser PCs interpretiert werden. Der Variable wird somit durch ihre „loadings“ auf PC 1 und 2 eine Koordinate zugewiesen. Diese Koordinate zeigt die Korrelation der

Variablen mit der PC 1 und 2 an. Besitzt eine Variable ein hohes „loading“ auf einer PC, so ist sie maßgeblich an deren Definition beteiligt. Normalerweise haben die Variablen „loadings“ auf mehreren PCs, was ihre Interpretation erschwert.

Neben den „loadings“ der Variablen sind die „scores“ der Einzelproben (Versuchsweine) von Interesse. Einzelprobenscores sind lineare Kombinationen der Variablen. Entsprechend dem Wert, den eine Einzelprobe in einer bestimmte Variablen besitzt, werden die „loadings“ dieser Variablen auf den ersten beiden PCs addiert und man erhält die entsprechende Koordinate. Über diese Koordinaten kann der Einzelprobe ebenfalls eine Position in dem durch PC 1 und 2 definierten Koordinatensystem zugewiesen werden.

Die Positionen der „loadings“ und „scores“ geben Auskunft über den Grad ihrer Korrelation mit den Principal Components, aber auch untereinander. Die eingeschlossenen Winkel zwischen den PCs und den „loadings-Vektoren“ sowie der „loadings-Vektoren“ untereinander bedeuten Folgendes: Ein Winkel nahe 0° signalisiert eine hohe, positive Korrelation, ein Winkel nahe 180° eine hohe, aber negative Korrelation und Winkel nahe 90° eine sehr geringe Korrelation.

3.3.3 Friedman-Test (ISO 8587)

Der Friedman-Test wurde für die Auswertung der Rangfolgebewertungen (siehe unten) der Versuchsweine angewendet. Die Voraussetzungen für den Friedman-Test waren erfüllt, da mit abhängigen Proben (jeder Teilnehmer muss alle Proben einer Reihe testen) gearbeitet wurde.

Für die Rangfolgebewertung teilte jede Person den zu prüfenden Weinen nach der Verkostung Ränge zu. Die Ränge wurden über die Prüfpersonen summiert (Rangsumme, Verkostungsindex) und der Friedman-Wert F konnte folgendermaßen berechnet werden:

$$F = 12 / (n * k * (k + 1)) * R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2 - 3 * n * (k + 1)$$

n = Anzahl der Prüfpersonen; k = Anzahl der Proben; R_1, R_2, \dots, R_k = Rangsummen (Ränge der k Proben jeweils summiert über n Teilnehmer)

Die F-Werte wurden verglichen mit den kritischen F-Werten aus Anhang 1. Wenn F gleich oder größer als die kritischen Werte war (je nach Signifikanzniveau), konnte gefolgert werden, dass es einen signifikanten, allgemeinen Unterschied zwischen den Proben gab.

War dies der Fall, konnten die Rangsummen jeder Prüfprobe verwendet werden, um paarweise Unterschiede zwischen den Prüfproben zu identifizieren. Unter Annahme der Normalverteilung konnte auf einen signifikanten Unterschied geschlossen werden, wenn galt:

$$|R_A - R_B| \geq 1,960 * [(n * k * (k + 1)) / 6]^{1/2} \quad (\text{Irrtumswahrscheinlichkeit } p = 5\%)$$

$$|R_A - R_B| \geq 2,576 * [(n * k * (k + 1)) / 6]^{1/2} \quad (\text{Irrtumswahrscheinlichkeit } p = 1\%)$$

[Liptay-Reuter, Ptach 1998]

3.4 Analytik der Moste und Weine

Für die Versuchsmoste wurden lediglich die nicht flüchtigen Inhaltsstoffe bestimmt. Zusätzlich zu der Routineanalytik wurde ein Augenmerk auf die Stickstoffversorgung der Moste gelegt (Ferm N-Wert und Formolzahl). Weiterhin wurde bei Mosten des Jahrgangs 1999 und 2000 die Glycosid-Glucose ermittelt. Ein Anthocyan-/Phenolspektrum von den Mosten wurde in ausgewählten Fällen aufgenommen. Ebenso wurde die Analyse auf Aromastoffe in ausgewählten Fällen angewendet, nämlich bei terpenreichen Rebsorten und der Frage nach dem Verlust bzw. der Aufkonzentrierung dieser Aromastoffe durch VD bzw. UO.

Bei den Versuchsweinen wurden die nicht flüchtigen Inhaltsstoffe ebenso wie bei den Mosten bestimmt (außer Stickstoffsubstanzen und Glycosid-Glucose). Bei den Rotweinen wurde zusätzlich ein Anthocyan-/Phenolspektrum erstellt. Bei den Weißweinen wurden flüchtige Aromastoffe qualitativ und quantitativ erfasst.

Im Folgenden werden die eingesetzten nasschemischen und instrumentellen Analyseverfahren in der Reihenfolge ihrer Spezifizierung vorgestellt (eingesetzt bei allen Proben, nur bei Mosten, nur bei Rotwein und nur bei Weißwein). Für die Fehlerbetrachtung der Analyseverfahren wird, falls möglich, die Richtigkeit und die auf der Standardabweichung beruhende Varianz ermittelt. Bei Stichproben geringen Umfangs, wie Gärwiederholung oder Messwiederholung, empfiehlt es sich nicht, die Standardabweichung zu berechnen, da diese erst ab einer Stichprobenzahl von $n=3$, besser aber $n=7$ Sinn macht. Man ermittelt daher den „Fehlerrange“, also die Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert. Der „Range“ umfasst das gesamte Fehlerintervall, im Gegensatz zur Standardabweichung (σ). Erst $4 * \sigma$ deckt 95,46% der Messwertstreuung um den Mittelwert ab [Schwedt 1992].

3.4.1 Verwendete Chemikalien

Die in dieser Arbeit für die Most- und Weinanalytik eingesetzten Chemikalien und Lösungsmittel wurden bezogen von den Tochterfirmen der SIGMA-ALDRICH-Gruppe:

- SIGMA
- ALDRICH

- FLUKA / Riedel de Haën, Seelze, D bzw. Buchs, CH

Weiterhin wurden Chemikalien bezogen von:

- Merck, Darmstadt, D
- J.T. Baker

Malvidin-3-glucosidchlorid (Oeninchlorid) und 2,6-Dimethylhepten-5-ol-2 wurde gekauft bei:

- ROTH, Karlsruhe, D

Darüber hinaus wurden Ethanol 99,8% und vergälltes Ethanol bezogen von:

- Berkel, Ludwigshafen, D

Die eingesetzten Geräte sind in den jeweiligen Kapiteln spezifiziert.

3.4.2 Gesamte titrierbare Säure und pH-Wert

Der hier vorgenommenen pH-Messung lag eine Einstab-Messkettenanordnung zugrunde. Beim Eintauchen der Glaselektrode in eine Messlösung entsteht an der Grenzfläche ein Spannungspotenzial gegenüber der Bezugslektrode, die im Inneren der Glaselektrode in eine Lösung mit definiertem pH-Wert eintaucht. Dieses Potenzial wird zur Messung herangezogen.

Arbeitsanleitung:

Bei 25mL auf 20°C temperierte Probelösung (Kohlensäure im Wein durch aufkochen entfernen) wird zunächst der pH-Wert ermittelt und mit 1/3-molarer NaOH-Lösung auf pH 7,0 titriert (Titrierautomat TitroLine alpha, Schott, Mainz, D). Aus der benötigten Menge NaOH-Lösung ergibt sich der Wert für die gesamte titrierbare Säure berechnet als Weinsäure.

Die Eichung des Titrierautomaten muss jeden Tag über zwei Pufferlösungen mit den pH-Werten 3,0 und 7,0 erfolgen.

Fehlerbetrachtung:**Tabelle 3.3** Fehlerbetrachtung bei der Mehrfachmessung der Gesamtsäure, berechnet als Weinsäure, bei einem Standardwein

	Werte
Sollwert	11,9
Messwert 1	12,1
Messwert 2	11,9
Messwert 3	12,0
Messwert 4	12,0
Messwert 5	12,0
Messwert 6	12,0
Messwert 7	11,8
Arithmetisches Mittel	12,0
Abweichung vom Sollwert	0,05
Relative Abweichung (Richtigkeit)	0,4%
Standardabweichung (σ)	0,10
Relativer Variationskoeffizient	0,8%

Diese routinemäßig bei allen Versuchsmosten und –weinen durchgeführte Methode erwies sich mit 0,4% Richtigkeit und 0,8% Varianz als sehr verlässlich und aussagekräftig.

3.4.3 Relative Dichte ($d_{20/20}$)

Die Bestimmung der Dichte ($d_{20/20}$) erfolgte mittels Biegeschwinger (Anton Paar, Graz, AUT). Dabei wird die entgaste Probeflüssigkeit in einen U-förmigen, temperierten (20°C) Schwingkörper gepumpt und mit Hochfrequenz zu ungedämpfter Schwingung angeregt. Die Schwingungsfrequenz ist ein Maß für die Dichte der eingefüllten Flüssigkeit.

Fehlerbetrachtung:**Tabelle 3.4** Fehlerbetrachtung bei der Messung der relativen Dichte $d_{20/20}$. Gemessen wurde demineralisiertes Wasser bei 20°C

	Werte
Sollwert	1,00000
Messwert 1	1,00001
Messwert 2	0,99997
Messwert 3	0,99999
Messwert 4	1,00000
Messwert 5	1,00000
Messwert 6	0,99998
Messwert 7	1,00000
Arithmetisches Mittel	0,99999
Abweichung vom Sollwert	-0,00001
Relative Abweichung (Richtigkeit)	-0,001%
Standardabweichung (σ)	0,00001
Relativer Variationskoeffizient	0,001%

Die Messungen waren sowohl bei Mosten als auch bei Weinen ähnlich stabil wie bei destilliertem Wasser (siehe Tabelle 3.4), so dass auf eine Mehrfachmessung verzichtet werden konnte, zumal die Unterschiede zwischen den Gärwiederholungen der Weine deutlich größer waren als die Messungenauigkeit.

3.4.4 Lichtabsorption im sichtbaren Bereich (Extinktionen bei 420, 520 und 620nm)

Sämtliche Moste und Weine müssen für die photometrische Messung filtriert vorliegen. Es werden Glasküvetten mit entsprechender Schichtdicke gewählt, so dass die Extinktionen nicht den Wert 2,3 und somit den linearen Bereich des Photometers überschreiten. Verdünnungen der Moste und Weine sind nicht zulässig, da sich dadurch der pH-Wert der Probe ändert, womit eine Veränderung der Absorptionscharakteristik verbunden ist.

Sämtliche photometrischen Messungen der Moste und Weine der Jahrgänge 1999 bis 2000 wurden mit dem Photometer des Typs DMS 70 (Varian Deutschland GmbH, Darmstadt, D) gemessen. Hierbei wurde gegen destilliertes Wasser im zweiten Strahlengang gemessen. Im Jahrgang 2001 kam das Photometer Cary 100Conc (Varian Deutschland, Darmstadt, D) zum Einsatz. Dabei wurde gegen Luft gemessen.

Tabelle 3.5 Fehlerbetrachtung bei der Messung der Lichtabsorption. Gemessen wurde ein Rotwein mit $d = 0,1\text{cm}$

	E_{420}	E_{520}	E_{620}
Messwert 1	0,3269	0,5038	0,1103
Messwert 2	0,3269	0,5039	0,1103
Messwert 3	0,3270	0,5038	0,1103
Messwert 4	0,3269	0,5038	0,1102
Messwert 5	0,3270	0,5041	0,1103
Messwert 6	0,3268	0,5041	0,1104
Arithmetisches Mittel	0,3269	0,5039	0,1103
Standardabweichung (σ)	0,0001	0,0001	0,0001
Relativer Variationskoeffizient	0,0%	0,0%	0,1%

Die sehr guten Ergebnisse bei der relativen Variation der Messwerte lassen sich dadurch erklären, dass nur die relative Variation des Photometers gemessen wird. Die Probe verändert sich während der kurzen Messzeit nicht und eine Probenaufarbeitung entfällt.

3.4.5 Gesamtphenolgehalt

Arbeitsvorschrift: Man pipettiert in einen 100mL Messkolben 1mL Probe (Most, Wein). Bei farbintensiven Rotmosten und Rotweinen sowie bei Rotweinen nach MG gibt man nur 100 μ L auf 100mL ($F=1000$). Darauf gibt man 60mL demineralisiertes Wasser und 5mL Folin-Ciocalteu-Reagenz (Merck, Darmstadt, D). Nach 5min Wartezeit wird 20mL einer Sodalösung (175g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}/\text{L}$) hinzugefügt, auf 100mL aufgefüllt und gut geschüttelt. Bis zur photometrischen Extinktionsmessung bei 765nm muss zwei Stunden gewartet werden. In dieser Zeit bildet sich die blau-violette Farbe (siehe Kapitel 2) aus.

Mittels einer auf Gallussäure beruhenden Kalibrierung wird die Gesamtphenolkonzentration folgendermaßen berechnet:

$$c \text{ als Gallussäure berechnet [mg/L]} = (E_{765} * 0,884 - 0,021) * 10 * F * 1 / d$$

Dabei ist c = Gesamtphenolkonzentration, F = Verdünnungsfaktor, d = durchstrahlte Schichtdicke [cm].

Fehlerbetrachtung:**Tabelle 3.6** Streuung der Messungen der Gesamtphenolgehalte; „Range“ = Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert bei MessWH: n = 4 Doppelmessungen und bei GärWH: n = 19.

	Werte
Range (Messwiederholung), bezogen auf Mittelwert	2,8%
Relativer Variationskoeffizient (Messwiederholung)	0,7%
Range (Gärwiederholung), bezogen auf Mittelwert	4,9%
Maximal möglicher Fehlerrange (Summe MessWH und GärWH)	7,7%

Aus Tabelle 3.6 wird ersichtlich, dass der Fehlerrange der Gärwiederholungen deutlich größer ist als der der Messwiederholungen (MessWH). Aufgrund dieser Ergebnisse und des Zeit- und Materialaufwandes wurde jeder Most und jede Gärwiederholung der Weine nur einfach vermessen. Laut Scholten und Kacprowski [Scholten, Kacprowski 1992] ist der durch den Gesamt-SO₂-Gehalt bedingte Fehler der Methode am bedeutendsten. Durch saure Hydrolyse und Abdestillieren der schwefligen Säure (entsprechend der Methode der Gesamt-SO₂-Bestimmung nach Paul und Tanner [Tanner, Brunner 1987]) wird der Inhalt des Reaktionskolbens zur Phenolanalytik herangezogen. Diese Korrekturmaßnahme ist für die Bestimmung des Phenol-Absolutgehaltes wichtig. Dies war aber bei der Anwendung in dieser Arbeit nicht nötig, da jede Versuchsreihe auf der gleichen Probematrix beruhte und die Versuchsweine im SO₂-Gehalt gleich eingestellt wurden. Daher ist die Vergleichbarkeit der Phenolgehalte innerhalb jeder Versuchsreihe gewährleistet.

3.4.6 Analyse der Kationen (NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) mittels HPLC

Grundlage dieser Ionenchromatographie ist der Austausch von Kationen an stationärer Phase mit geladenen Säureanionen, an denen sich entsprechende Gegenionen (H⁺) befinden. Letztere werden durch Gegenionen aus der mobilen Phase ausgetauscht. Für jedes zu bestimmende Kation aus der mobilen Phase existiert ein Ionenaustauschgleichgewicht mit der stationären Phase. Aufgrund der unterschiedlichen Affinität zur stationären Phase (unterschiedliche Gleichgewichtskonstante) werden die Analyten der Probe getrennt.

Arbeitsvorschrift: Der Eluent, 600mg/L (4mmol/L) Weinsäure und 167mg/L (1mmol/L) Dipicolinsäure (Pyridin-2,6-dicarbonsäure), wird im Ultraschallbad entgast. Die Moste und Weine werden über 0,45µm Membranspritzenfilter filtriert (Whatman, Kent, UK) und 1/50 (Permeate und Destillate 1/5) mit dem Eluent verdünnt und in Glasvials (Burdich, Limburg, D) abgefüllt.

Da die Vermeidung von Glasgefäßen jeglicher Art während des Weinausbaues, der Abfüllung, der Probenahme und der Probegefäße nicht möglich war und somit ein Na^+ -Eintrag ins Medium stattfand, wurde auf eine Quantifizierung von Na^+ verzichtet.

3.4.6.1 Bedingungen der Kationenchromatographie

- Säule: Metrosep Cation 1-2 (Metrohm AG, Herisau, CH)
- Säulentemperatur: 35°C
- Material: Polybutadienmaleinsäure auf Silikagelbasis
- Abmessungen: 125 * 4,0mm i.D.
- Fluss: 1,25mL/min mit Pumpe PE 250 (Perkin Elmer, Norwalk, USA)
(Eluent: siehe oben, isokratisch)
- Druck: 60bar
- Injektionsvolumen: 20µL (Schleifendosage) mittels Autosampler Marathon (Spark, A.J. Emmen, NL)
- Laufzeit pro Analyse: 18min
- Detektion: Leitfähigkeitsdetektor ICA-5220, (TOA, Tokyo, Japan)
- Messzellentemperatur: 35°C

Die Quantifizierung der Analyten erfolgte über externen Standard (siehe Tabelle 3.7, die Standardverbindungen wurden wie die Proben in Eluent verdünnt)

Tabelle 3.7 Konzentrationen der externen Kationenstandards

Kation	Verwendetes Salz	Einwaage Salz [mg/L]	Level 4 Kation [mg/L]	Level 3 Kation [mg/L]	Level 2 Kation [mg/L]	Level 1 Kation [mg/L]
NH_4^+	Ammoniumchlorid	830,4	280,1	140,0	70,0	17,5
K^+	Kaliumchlorid	6791,4	3561,5	1780,7	890,4	222,6
Ca^{2+}	Calciumchlorid	800,3	289,0	144,5	72,2	18,1
Mg^{2+}	Magnesiumacetat-tetrahydrat	2330,7	264,2	132,1	66,0	16,5

Fehlerbetrachtung:

Tabelle 3.8 Fehlerbetrachtung bei der Mehrfachmessung der Kationen eines Standardweines

	Kalium [K ⁺]	Calcium [Ca ²⁺]	Magnesium [Mg ²⁺]
Sollwert [mg/L]	1019	167	95
Messwert 1 [mg/L]	996	167	87
Messwert 2 [mg/L]	975	167	90
Messwert 3 [mg/L]	982	168	87
Messwert 4 [mg/L]	988	162	85
Messwert 5 [mg/L]	988	160	88
Messwert 6 [mg/L]	945	159	85
Messwert 7 [mg/L]	968	175	85
Arithmetisches Mittel [mg/L]	977	165	87
Abweichung vom Sollwert [mg/L]	-42	-2	-8
Relative Abweichung (Richtigkeit)	-4,1%	-1,1%	-8,7%
Standardabweichung (σ) [mg/L]	17	6	2
Relativer Variationskoeffizient	1,7%	3,4%	2,2%

Die Methode ist in der relativen Abweichung verbesserungsbedürftig. Der Grund für diese Ungenauigkeit dürfte in der Peakbreite liegen. Insbesondere beim zuletzt eluierenden Magnesium waren die Peaks relativ breit. Wegen der begrenzten relativen Variation von 1 bis 3% konnte die Methode allerdings gut zum Vergleich von Versuchsvarianten herangezogen werden.

3.4.7 Analyse der Zucker und Alkohole (Saccharose, Glucose, Fructose, Glycerin, Ethanol) mittels HPLC

Das hier angewendete Trennprinzip der Alkohol- und Zuckerchromatographie beruht auf der Ausbildung von Koordinationskomplexen zwischen den Zuckern in der mobilen Phase und den Ca²⁺-Ionen, mit denen das Polystyroldivinylbenzopolymer (stationäre Phase) belegt ist. Bei den Furanosen und Pyranosen variiert die Stärke der Koordinationskomplexe je nach sterischer Anordnung der Hydroxyl-Gruppen (laut Angabe des Säulenherstellers Merck, Darmstadt, D).

Arbeitsvorschrift: Der Eluent besteht aus bidestilliertem (bidest.) Wasser, im Ultraschallbad entgast. Die Moste und Weine werden über 0,45µm Membranspritzenfilter filtriert (Whatman, Kent, UK). Wegen des hohen Zuckergehaltes müssen die Moste 1/4 mit bidest. Wasser verdünnt werden. Weine und Wässer können unverdünnt in Glasvials (Burdich, Limburg, D) abgefüllt werden.

3.4.7.1 Bedingungen der Zucker-/Alkoholchromatographie

- Säule: Polyspher CHCA RT 300-6.5 (Merck, Darmstadt, D)

- Säulentemperatur: 85°C
- Material: sulfoniertes Polystyroldivinylbenolharz belegt mit Ca²⁺-Ionen
- Abmessungen: 300 * 6,5mm i.D.
- Fluss: 0,6mL/min mit Pumpe PU 1580 (Jasco, Tokyo, Japan) (Eluent: bidest. H₂O, entgast, Pulsationsdämpfung, isokratisch)
- Druck: 50bar
- Injektionsvolumen: 2µL (Spritzendosage) mittels Autosampler Triathlon (Spark, A.J. Emmen, NL)
- Laufzeit pro Analyse: 25min
- Detektion: Brechungsindex-Detektor (Sunchrom, Friedrichsdorf, D)
- Messzellentemperatur: 20°C

Die Quantifizierung der Analyten erfolgte über externen Standard (siehe Tabelle 3.9).

Tabelle 3.9 Konzentrationen der externen Zucker-/Alkoholstandardverbindungen

Substanz [g/L]	Standardwein	Level 4	Level 3	Level 2	Level 1
Saccharose	0,2	30	15	3	0,6
Glucose	25,2	37	18,5	3,7	0,7
Fructose	29,4	39	19,5	3,9	0,8
Glycerin	10,3	30	15	3	0,6
Ethanol	79,2	120	60	12	2,4

Fehlerbetrachtung:

Tabelle 3.10 Fehlerbetrachtung bei der Mehrfachmessung der Zucker und Alkohole eines Standardweines

	Glucose	Fructose	Glycerin	Ethanol
Sollwert [g/L]	27,9	28,0	8,5	76,9
Messwert 1 [g/L]	26,8	27,8	8,7	77,3
Messwert 2 [g/L]	26,7	27,7	8,7	77,2
Messwert 3 [g/L]	26,8	27,9	8,8	77,2
Messwert 4 [g/L]	26,8	27,8	8,8	76,7
Messwert 5 [g/L]	26,9	27,9	8,8	77,1
Messwert 6 [g/L]	26,6	27,7	8,7	76,4
Messwert 7 [g/L]	26,7	27,7	8,7	76,6
Arithmetisches Mittel [g/L]	26,8	27,8	8,8	76,9
Abweichung vom Sollwert [g/L]	-1,1	-0,2	0,3	0,0
Relative Abweichung (Richtigkeit)	-4,1%	-0,8%	3,0%	0,0%
Standardabweichung (σ) [g/L]	0,1	0,1	0,0	0,3
Relativer Variationskoeffizient	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%

Wie die relative Abweichung und der relative Variationskoeffizient aus Tabelle 3.10 belegen, liefert die Zucker-/Alkoholchromatographie verlässliche Werte bei Weinen. Insbesondere die Richtigkeit und Präzision beim Ethanol-Gehalt sind hervorzuheben. Allerdings ist in dieser Tabelle die Verdünnung

bei Mosten noch nicht berücksichtigt. Diese mussten 1/4 verdünnt werden, um auf einen Zuckergehalt innerhalb des kalibrierten Konzentrationsbereiches zu gelangen, womit ein zusätzlicher Fehler einhergehen kann. Bei den Mosten waren die Zuckerwerte von besonderem Interesse. Relative Abweichungen vom wahren Wert um mehr als 4% ($\pm 4\text{g/L}$) bei Glucose waren daher nur schwer tolerierbar. Die schlechtere Reproduzierbarkeit und die nicht unmittelbar nach Probenahme erfolgte HPLC-Messung im Vergleich zur Erstellung des $d_{20/20}$ -Wertes (siehe Kapitel 3.4.3), machten eine zusätzliche Errechnung des Zuckergehaltes aus der Dichte sinnvoll, um genauere Vergleichsmöglichkeiten des Zuckergehaltes bei Mosten innerhalb der einzelnen Versuchsvarianten zu erhalten.

3.4.8 Analyse der organischen Säuren (Wein-, Äpfel-, Shikimi-, Milch-, Zitronen-, Essigsäure) mittels HPLC

Arbeitsvorschrift: Der Eluent ist eine verdünnte H_2SO_4 -Lösung (0,5mL/L konz. H_2SO_4). Eine Entgasung im Ultraschallbad ist erforderlich. Da die Phenole von Rotmosten und Rotweinen das Säulenmaterial belegen und den Trennprozess negativ beeinflussen würden, ist bei entsprechendem Probematerial eine Aktivkohlebehandlung (ca. 1g/10mL Probe) notwendig. Anschließend werden Moste und Weine über 0,45 μm Membranspritzenfilter filtriert (Whatman, Kent, UK). Die Proben werden unverdünnt in Glasvials (Burdich, Limburg, D) abgefüllt.

3.4.8.1 Bedingungen der organischen Säurechromatographie

- Säule: organische Säuren 190.201 (Sunchrom, Friedrichsdorf, D)
- Säulentemperatur: 65°C
- Material: vom Hersteller nicht angegeben
- Abmessungen: 300 * 6,5mm i.D.
- Fluss: 0,5mL/min mit Pumpe Gynkotek 300 (Gynkotek, D) (Eluent: bidest. H_2O , mit 0,5mL/L H_2SO_4 konz., isokratisch)
- Druck: 40 bar
- Injektionsvolumen: 4 μL (Schleifendosage) mittels Autosampler Marathon (Spark, A.J: Emmen, NL)
- Laufzeit pro Analyse: 26min
- Detektion: UV-Detektor Typ: UV 970 (Jasco, Tokyo, Japan) bei 223nm

Die Quantifizierung der Analyten erfolgte über externen Standard (siehe Tabelle 3.11).

Tabelle 3.11 Konzentrationen der externen organischen Säurestandards

Substanz [g/L]	Standardwein	Level 4	Level 3	Level 2	Level 1
Weinsäure	3,17	10,1	5,1	1,0	0,5
Äpfelsäure	4,45	15,1	7,6	1,5	0,8
Shikimisäure	0,046	0,100	0,050	0,010	0,005
Milchsäure	3,31	1,9	0,9	0,2	0,1
Essigsäure	1,16	2,0	1,0	0,2	0,1
Zitronensäure	1,04	1,0	0,5	0,1	0,05

Fehlerbetrachtung:**Tabelle 3.12** Fehlerbetrachtung bei der Mehrfachmessung der organischen Säuren eines Standardweines

		Weinsäure	Äpfelsäure	Shikimisäure	Milchsäure	Essigsäure	Zitronensäure
Sollwert [g/L]		3,17	4,45	0,046	3,31	1,16	1,04
Messwert 1 [g/L]		3,17	4,45	0,047	3,33	1,16	1,01
Messwert 2 [g/L]		3,13	4,44	0,046	3,30	1,19	1,02
Messwert 3 [g/L]		3,16	4,45	0,046	3,31	1,15	1,06
Messwert 4 [g/L]		3,16	4,39	0,046	3,29	1,18	1,02
Messwert 5 [g/L]		3,07	4,32	0,045	3,26	1,06	0,99
Messwert 6 [g/L]		3,14	4,35	0,046	3,26	1,12	1,06
Messwert 7 [g/L]		3,18	4,39	0,046	3,30	1,14	1,03
Arithmetisches Mittel		3,14	4,40	0,046	3,29	1,14	1,03
[g/L]							
Abweichung vom Sollwert [g/L]		-0,03	-0,05	0,000	-0,02	-0,02	-0,01
Relative Abweichung (Richtigkeit)		-0,8%	-1,2%	0,0%	-0,5%	-1,5%	-1,2%
Standardabweichung (σ) [g/L]		0,04	0,05	0,001	0,03	0,04	0,03
Relativer Variationskoeffizient		1,2%	1,2%	1,3%	0,8%	3,8%	2,5%

Die Quantifizierung der organischen Säuren erweist sich aufgrund der guten Werte für Richtigkeit und relativer Variation als sehr zuverlässig und aussagekräftig. Lediglich die Werte für Essigsäure und Zitronensäure sind nicht so positiv zu bewerten. Wegen der späten Elution und den in der Regel niedrigeren Gehalten, verglichen mit Wein-, Äpfel- und Milchsäure, ist die Peakform von Essigsäure und Zitronensäure im Chromatogramm breiter, kleiner und entsprechend ungenauer quantifizierbar.

3.4.9 Bestimmung des Ferm N-Wertes (nur bei Mosten)

Die Bestimmung des Ferm-N-Wertes erfolgte durch den Geisenheimer Testkit[®] (Erbslöh, Geisenheim, D). Eine genaue Anwendungsbeschreibung liegt jedem Kit bei und soll hier nicht näher

erläutert werden, zumal die zugrunde liegenden enzymatischen Reaktionen durch den Hersteller nicht angegeben werden.

Arbeitsvorschrift: Die Mostvorbereitung besteht in einer Filtration und einer Verdünnung mit bidestilliertem Wasser (1/5 oder 1/10). Die Extinktionen werden in einer 1cm Einwegküvette bei 340nm gegen bidestilliertes Wasser gemessen.

Der Ferm-N-Wert ergibt sich laut Hersteller aus der Formel:

$$\text{Ferm-N-Wert} = 43,683 * F * \Delta E_{\text{Ferm-N-Wert}}$$

Dabei nimmt F je nach Verdünnung den Wert 5 oder 10 an und $\Delta E_{\text{Ferm-N-Wert}}$ ist die Differenz aus Probeextinktion und Leerwertextinktion.

Der Geisenheimer Testkit[®] wurde entwickelt, um Vorhersagen über die Versorgung des Mostes mit Hefenährstoffen zu treffen. Laut Hersteller bedeutet:

- Ferm-N-Wert \leq 20: Stickstoffunterversorgung. Zusatz von Hefenährstoffen nötig
- Ferm-N-Wert 20 – 25: Gefahr von Gärstörungen. Zusatz von Hefenährstoffen empfehlenswert
- Ferm-N-Wert \geq 25: Stickstoffversorgung ausreichend
- Ferm-N-Wert \geq 35: Stickstoffversorgung gut

Fehlerbetrachtung:

Tabelle 3.13 Fehlerbetrachtung bei der Mehrfachmessung des Ferm-N-Wertes einer Standardlösung

	Werte
Sollwert	230
Messwert 1	217
Messwert 2	238
Messwert 3	227
Messwert 4	221
Messwert 5	240
Messwert 6	229
Messwert 7	249
Arithmetisches Mittel	232
Abweichung vom Sollwert	1,6
Relative Abweichung (Richtigkeit)	0,7%
Standardabweichung (σ)	11,5
Relativer Variationskoeffizient	5,0%

Die Richtigkeit des enzymatischen Ferm-N-Testes ist mit unter 1% als gut zu bezeichnen. Allerdings unterliegt das Verfahren einer gewissen Streuung, so dass eine Varianz von 5% zustande kommt.

3.4.10 Formolzahl

Arbeitsvorschrift: 25mL Traubenmost werden mit NaOH-Lösung auf pH 8,1 eingestellt. Es werden 10mL Formaldehyd-Lösung (mindestens 35%ige wässrige Formaldehydlösung, pH 8,1) zugesetzt. Nach einer Minute erfolgt die Rücktitration mit 0,25mol/L NaOH-Lösung bis zum pH 8,1. Die Formolzahl ergibt sich aus dem Verbrauch (mL) der 0,25mol/L NaOH-Lösung je 25mL Probe multipliziert mit dem Faktor 10 [Matissek, Schnepel et al. 1992].

3.4.11 Glycosid-Glucose-Bestimmung (G-G) (nur bei Mosten)

Bei dieser Methode wird der Most durch eine RP-18 Festphase geführt, wobei die G-G zunächst adsorbiert und anschließend mit Ethanol wieder eluiert wird. Das Eluat wird mit konzentrierter Schwefelsäure hydrolysiert, um die Etherbindung der G-G aufzubrechen. Die nun freigesetzte D-Glucose wird enzymatisch bestimmt.

Diese G-G-Analytik wurde ursprünglich in Australien [Williams, Cynkar et al. 1995; Williams, Strauss et al. 1982] entwickelt. Fischer, Trautmann et al. [Fischer, Trautmann et al. 2001] griffen diese Methode auf und optimierten sie. Gemäß dieser Vorarbeit wurde die Methode angewendet.

Arbeitsvorschrift: Zur Kalibrierung der Methode werden externe Standards mit Octyl- β -D-glucopyranosid in dem Konzentrationsbereich von 50 μ mol/L bis 250 μ mol/L angesetzt. Für die SPE werden die Festphasen RP 18 Sep Pak Plus (Waters, Milford, USA) mit 10mL Methanol und 10mL bidest. H₂O konditioniert. 10mL filtrierte Probe (oder Standard) werden bei geringem Vakuum über die Festphasen gezogen und dreimal mit je 10mL bidest. H₂O nachgewaschen.

Zur Elution des adsorbierten Materials gibt man 1,5mL Ethanol auf die Festphasen und zieht dieses langsam in 5mL Messkolben. Danach wird mit 3mL bidest. H₂O nachgespült. Die Messkolben mit dem Eluat werden entnommen und zur Marke mit bidest. H₂O aufgefüllt.

Danach wird nach folgendem Schema Probe und Kontrolle in den verschließbaren Glasröhrchen vorbereitet:

	Probe	Kontrolle
Eluat	1mL	1mL
H ₂ SO ₄ -Lsg. (2,25mol/L)	2mL	-----
bidest. H ₂ O	-----	2mL

Die Röhrchen mit der Probe werden eine Stunde in den auf 100°C vorgeheizten Heizblock QTB 2 (Grant, Cambridgeshire, UK) gestellt, während die Röhrchen mit der Kontrolle bei Raumtemperatur aufbewahrt werden.

Zur Entfernung der Glycoside (Kontrolle) bzw. der Aglyca (Probe) werden die Festphasen wie zu Beginn gereinigt und regeneriert mit Methanol und bidest. Wasser. Mit 800 μ L der Kontrolllösung werden die Festphasen vorgespült, anschließend werden 2mL Kontrolllösung mit geringem Vakuum über die Festphase in ein frisches Glasgefäß gezogen und stehen für die Enzymatik bereit.

Die Festphasen wurden ein drittes Mal gereinigt und regeneriert mit Methanol und bidest. Wasser. Der für die Kontrolle beschriebene Vorgang wird mit der Probe wiederholt, nachdem sie auf Raumtemperatur abgekühlt ist.

Für die enzymatische Bestimmung der D-Glucose (R-Biopharm, D) werden Kunststoffküvetten (d=1cm) verwendet. Es wird, abweichend von dem vom Hersteller angegebenen Pipettierschema, folgendermaßen vorgegangen:

	Blindwert	Probe	Kontrolle
Probelösung		0,8mL	
Kontrolllösung			0,8mL
Bidest. H ₂ O	2,0mL		1,2mL
NaOH-Lsg.(2mol/L)		1,2mL	
Enzymkit-Puffer	1,0mL	1,0mL	1,0mL
	Homogenisieren, nach 5 Minuten E ₁ bei 340nm gegen H ₂ O messen		
Enzymsuspension	20 μ L	20 μ L	20 μ L
	Homogenisieren, nach 30 Minuten E ₂ bei 340nm gegen H ₂ O messen		

Die Konzentrations-Berechnung erfolgte mittels der durch die externen Standards erhaltenen Kalibriergerade. Dabei ist $\Delta E = E_2 - E_1$.

$$G-G[\mu\text{mol/L}] = (\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}) * 682,95 - 5,36$$

Fehlerbetrachtung:

Tabelle 3.14 Fehlerbetrachtung bei der G-G-Mehrfachmessung eines Mostes

	G-G
Messwert 1 ($\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}$)	0,229
Messwert 2 ($\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}$)	0,246
Messwert 3 ($\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}$)	0,236
Messwert 4 ($\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}$)	0,199
Messwert 5 ($\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}$)	0,241
Arithmetisches Mittel ($\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}$)	0,230
Standardabweichung (σ) ($\Delta E_{\text{Probe}} - \Delta E_{\text{Kontrolle}}$)	0,019
Relativer Variationskoeffizient	8,1%

Ein relativer Variationskoeffizient (Varianz) von über 8% (siehe Tabelle 3.14) ist bedeutend, spiegelt aber die umfangreiche Probeaufarbeitung wider. Die Bestimmung der Glycosid-Glucose mit Hilfe dieses Verfahrens war die einzige praktikable Möglichkeit, um Aussagen über die Ausgangsqualität (glycosidisch gebundene Vorläufersubstanzen) der Moste und die Einflüsse der physikalischen Konzentrierungsverfahren machen zu können.

3.4.12 Boulton-Assay - Phenolcharakterisierung (nur bei Rotwein)

Arbeitsvorschrift abgewandelt nach Boulton [Boulton 1996]:

Puffer	24mL EtOH + 176mL H ₂ O + 0,5g Kaliumhydrogentartrat, pH auf 3,6 einstellen
HCl-EtOH-Lsg	12mL EtOH + 80mL H ₂ O + 8mL 12mol/L HCl
Acetaldehyd	10%
SO ₂ -Lösung	4% freie SO ₂ in Wasser

50mL der filtrierten Rotweine werden mit verdünnter HCl bzw. NaOH auf pH 3,6 eingestellt. Danach werden die in Tabelle 3.15 beschriebenen Extinktionen bei 520nm gegen Luft gemessen.

Tabelle 3.15 Messungen der Extinktionen bei 520nm unter verschiedenen Bedingungen (Boulton-Assay)

Messung	Beschreibung	Faktor
A_{Acet}	20 μ L 10% Acetaldehyd in 2mL Wein, 45 min warten in 1mm-Küvette messen	10,1
A_{20}	Verdünnen: 100 μ L Wein + 1900 μ L Puffer, nach 15 min in 1cm Küvette messen	20
A_{100}	100 μ L Wein + 10mL HCl-EtOH-Lösung, nach 2 Stunden in 1cm Küvette messen	101
A_{SO_2}	2mL Wein + 200 μ L 4% SO ₂ , nach 15 min in 2 mm-Küvette messen	5,5

Für die Berechnung der Konzentrationen der Farbstoffspezies werden die gemessenen Extinktionen mit den in Tabelle 3.15 angegebenen Faktoren multipliziert, um Verdünnungen und unterschiedliche Küvettengrößen zu berücksichtigen. Man erhält $A_{\text{Acet-korr}}$, $A_{20\text{-korr}}$, $A_{100\text{-korr}}$, $A_{\text{SO}_2\text{-korr}}$, die folgende Bedeutung haben:

- $A_{\text{SO}_2\text{-korr}}$ Nur die polymeren Anthocyane absorbieren Licht. Alle anderen werden durch SO₂ gebleicht
- $A_{20\text{-korr}}$ Durch die Verdünnung wird die Copigmentation aufgehoben. Nur polymere und monomere Anthocyane absorbieren Licht
- $A_{100\text{-korr}}$ Durch die Verdünnung wird die Copigmentation aufgehoben. Nur polymere und monomere Anthocyane absorbieren Licht (dient zur Berechnung des Absolutwertes der monomeren Anthocyane)
- $A_{\text{Acet-korr}}$ Sämtliches SO₂ wird entfernt, volle Lichtabsorption (polymere und monomere Anthocyane, Copigmente)

- $A_{\text{Acet-korr}} - A_{20\text{-korr}}$ Von der Gesamtmenge farbgebender Substanzen werden monomere und polymere Anthocyane subtrahiert. Das Ergebnis ist der Absorptionsanteil der Copigmente
- $A_{20\text{-korr}} - A_{\text{SO}_2\text{-korr}}$ Von den monomeren und polymeren Anthocyanen werden die polymeren subtrahiert. Das Ergebnis ist der Absorptionsanteil der monomeren Anthocyane

Gemäß der Vorschrift [Boulton 1996] können die Konzentrationen der Copigmente und der monomeren Anthocyane berechnet werden. Die bei der Berechnung angewendeten Faktoren berücksichtigen die Molekulargewichte und die Verhältnisse in Copigment-Anthocyanin-Stapeln (soweit bekannt):

$$\text{Copigmente [mg/L]} = (A_{\text{Acet-korr}} - A_{20\text{-korr}})/0,150$$

$$\text{Monomere Anthocyane [mg/L]} = (A_{100\text{-korr}} - A_{\text{SO}_2\text{-korr}})/0,066 - \text{Copigmente [mg/L]}$$

Für die polymeren Anthocyane ist es nicht möglich, eine Konzentration in mg/L zu errechnen, da ihre Molekularmasse innerhalb weiter Bereiche schwankt. Für die Statistik wurde der Wert $A_{\text{SO}_2\text{-korr}}$ verwendet. Weiterhin ist es möglich, die Anteile der einzelnen farbgebenden Substanzen an der Gesamtfarbe über Division der Werte durch $A_{\text{Acet-korr}}$ zu berechnen.

Fehlerbetrachtung:

Tabelle 3.16 Fehlerbetrachtung bei der Messung eines Rotweines mit dem Boulton-Assay

	Copigmente [mg/L]	Monomere Anthocyane [mg/L]	Polymere
Messwert 1	4,5	99,1	0,5587
Messwert 2	3,9	102,8	0,5563
Messwert 3	4,1	101,8	0,5576
Messwert 4	4,0	105,8	0,5603
Messwert 5	4,3	106,4	0,5582
Messwert 6	4,3	106,1	0,5555
Messwert 7	4,1	106,1	0,5548
Arithmetisches Mittel	4,2	104,0	0,5573
Standardabweichung (σ)	0,2	2,8	0,0019
Relativer Variationskoeffizient	4,3%	2,7%	0,3%

Angesichts der umfangreichen Probeaufarbeitung ist die relative Varianz des Boulton-Assays von unter 5% als gut zu bewerten. Die Richtigkeit dieser Messmethode konnte nicht ermittelt werden. Aufgrund der guten Reproduzierbarkeit beim Vergleich von mehreren Versuchsvarianten, die auf der gleichen Probenmatrix beruhen, ist der Boulton-Assay dafür geeignet, Aussagen zu treffen hinsichtlich Copigmentation, monomeren Anthocyanen und Polymerisationsgrad.

3.4.13 Analyse der phenolischen Inhaltsstoffe mittels HPLC (nur bei Rotwein)

An dieser Stelle werden nur die Grundlagen der Methode dargestellt. Die Messungen für diese Arbeit wurden dankenswerterweise von Dipl. LM-Chem. Markus Löchner durchgeführt, der für die Methodvalidierung verantwortlich war. Die Methode wurde von ihm im Rahmen seiner Diplomarbeit an der SLFA-NW optimiert [Löchner 2000].

Die Anthocyane bzw. Phenole werden mittels „reverse phase“ Chromatographie aufgetrennt. Sie besitzen unterschiedliche Affinität zur unpolaren stationären Phase (C₁₈-alkylsilyliertes Kieselgel). Je unpolarer der Analyt, desto länger seine Elutionszeit von der Säule.

Arbeitsvorschrift: Es wird mit zwei Eluenten im Gradientensystem gearbeitet:

Eluent 1: bidest. Wasser / Ameisensäure / Acetonitril = 87 / 10 / 3

Eluent 2: bidest. Wasser / Ameisensäure / Acetonitril = 40 / 10 / 50

Etwa 10mL der Rotmoste bzw. Rotweine werden über 0,45µm Membranspritzenfilter filtriert (Whatman, Kent, UK). Aufgrund der Adsorption von Phenolen an das Filtermaterial werden die ersten 5mL des Filtrates verworfen. Mit dem Rest werden die Glasvials (Burdich, Limburg, D) gefüllt.

3.4.13.1 Bedingungen der Anthocyan-/Phenolchromatographie

- Säule: LiChrospher 100 RP18 (Merck, Darmstadt, D)
- Säulentemperatur: 23°C
- Material: C₁₈-alkylsilyliertes Kieselgel
- Abmessungen: 200 * 2mm i.D.
- Gradient: Fluss: 0,8mL/min, Pumpe PU 980 (Jasco, Tokyo, Japan), Gradientenformer LG-980-02 (Jasco, Tokyo, Japan)

Gradientenprogramm der Anthocyan-/Phenol-HPLC:

Laufzeit [min]	% Eluent 1	% Eluent 2
0	94	6
34	0	100
41-50	94	6

- Druck: 100bar bei Anfangsbedingungen
- Injektionsvolumen: 20 - 50µL (Schleifendosage) mittels Autosampler Marathon (Spark, A.J. Emmen, NL)
- Laufzeit pro Analyse: 50min
- Detektion: Diodenarray-Detektor Typ: MD-910 (Jasco, Tokyo, Japan) Scan von 200-550nm

Die Quantifizierung der Analyten erfolgte über externen Standard (siehe Tabelle 3.17). Für sämtliche Anthocyane wurde das Malvidin-3-glucosid herangezogen.

Tabelle 3.17 Konzentrationen der externen Phenolstandards

Substanz [mg/L]	Level 3	Level 2	Level 1	Detektionswellenlänge
Malvidin-3-glucosid	288	57,6	5,8	518nm
Gallussäure	51	10,2	1,0	280nm
Catechin	498	99,6	10,0	205nm
Epicatechin	503	100,6	10,1	205nm
Caftarsäure	99	19,8	2,0	327nm
Kaffeesäure	50	10,0	1,0	327nm
Quercetin-3-glucosid	49	9,8	1,0	360nm
Quercetin	30	6,0	0,6	360nm

3.4.14 Analyse flüchtiger Aromastoffe (nur bei Weißwein)

3.4.14.1 Extraktion flüchtiger Aromastoffe

Für die Aromaextraktion wurden zwei Verfahren angewendet. Zum einen die direkte Mikroextraktion mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan (Synonyme: Kaltron, Freon 113) [Ferreira, Rapp et al. 1993; Rapp, Yavas et al. 1994] bei Mosten, Permeaten und Destillaten, zum anderen die Vorkonzentrierung durch Entmischen (demixing) der alkoholischen von der wässrigen Phase mit anschließender Mikroextraktion, ebenfalls durch Freon 113 [Ferreira, López et al. 1998; Ferreira, Sharman et al. 1996]. Letztere Methode wurde bei Weinen angewendet. Dabei wurde der Alkoholgehalt vor der Extraktion gleichmäßig auf 14%vol eingestellt.

3.4.14.1.1 Direkte Mikroextraktion („Kaltronmethode“)

Arbeitsvorschrift: In ein ca. 13mL fassendes Spitzbodenzentrifugengläschen mit Glasschliff (Burdich, Limburg) werden 2g NaCl eingewogen. Darauf gibt man 10mL Probe, 100µL Kaltron und 5µL ethanolische Lösung der internen Standards (Tabelle 3.19). Das Glasgefäß wird verschlossen und 30min auf den mechanischen Rüttler SM 25 (Bühler, Hechingen, D) gestellt. Um die organische Phase gut von der wässrigen zu trennen, wird noch 5min bei 1000U/min mittels RC-2 B Superspeed (Sorvall, Hanau, D) zentrifugiert. Die Kaltronphase sammelt sich unten in der Spitze des Glasgefäßes. Der Überstand wird verworfen und die organische Phase kann direkt für die gaschromatographische Analyse verwendet werden. Der rechnerische Anreicherungsfaktor der Analyten beträgt mit dieser Methode 100.

3.4.14.1.2 Entmischung mit anschließender Mikroextraktion

Arbeitsvorschrift: Zur Vorkonzentrierung gibt man in ein trockenes 250mL Extraktionsgefäß (Erlenmeyer mit Schliff) 6,57g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ und 27g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Der Wein wird mit einer 50mL Vollpipette direkt in den 250mL Erlenmeyer zu den Salzen gegeben. Danach wird der interne Standard zugefügt (5 μL der ethanolischen Stammlösung aus Tabelle 3.19) und das Gefäß geschüttelt, um gute Durchmischung zu gewährleisten. Der Wein wird mit EtOH auf 14%vol eingestellt. Dieser Ansatz wird verschlossen und ca. 10min geschüttelt, bis das Salz komplett gelöst ist. Durch Phasentrennung mittels Scheidetrichter und dreistündiger Absitzzeit sowie bei Bedarf durch anschließende Zentrifugation bei 1000U/min, wird die wässrige Phase und Schleimstoffe von der ethanolischen Phase abgetrennt.

Zwei Milliliter der überstehenden organischen Phase von obigem Entmischungsansatz (Demixing) werden im Spitzbodenzentrifugengläschen (siehe Kapitel 3.4.14.1.1) mit 5mL wässriger $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -Lösung (348,5g/L) und mit 100 μL Kaltron versetzt. Das Zentrifugengefäß wird verschlossen und 30min auf dem oben beschriebenen, mechanischen Rüttler (höchste Stufe) extrahiert. Anschließend wird die Kaltronphase in der Zentrifuge bei 1000U/min 5min lang vom Überstand abzentrifugiert. Der Überstand wird verworfen, der Kaltronextrakt wird in ein Probevial mit 200 μL Mikroinsert überführt und steht für die gaschromatographische Analyse zur Verfügung. Der rechnerische Anreicherungsfaktor der Analyten beträgt mit dieser Methode 143.

3.4.14.2 Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS)

Ein Mikroliter der Aromaextrakte wurde über einen Autosampler A 200 SE (CTC Analytics, Zwingen, CH) injiziert und an der stationären Phase der Trennsäule innerhalb eines Finnigan GCQ Säulenofens (Thermo-Finnigan, San Jose, USA) aufgetrennt. Schließlich wurden die Analyten mittels Ion-Trap-MS Finnigan GCQ (Thermo-Finnigan, San Jose, USA) detektiert. Die Steuerung dieser Geräte erfolgte über die Software X-Calibur 1.1 (Thermo-Finnigan, San Jose, USA). Dabei wurde ein Mikroliter Extrakt mit einer Injektortemperatur von 250°C und Split (Verhältnis 1/40) eingespritzt. Die Spritze verblieb eine Sekunde im Injektor, um den Extrakt quantitativ zu überführen.

Die Transferline vom GC zum MS wurde mit 250°C beheizt. Die Ionenquelle hatte eine Temperatur von 180°C. Es wurde eine Elektronenstoßionisation (EI) durchgeführt mit einer Elektronenenergie von 70eV. Der „Full-Scan“ erstreckte sich von m/z: 15 – 220. Der „Scan“ startete nach einem „solvent-delay“ von 7min nach der Injektion.

3.4.14.2.1 Bedingungen der Gas-Chromatographie

Trägergas war Helium 4.6 (Messer-Griesheim GmbH, Krefeld, D), vorgereinigt über Vorsäulenkartusche. Die Fließgeschwindigkeit des Trägergases wurde elektronisch geregelt und konstant bei 35cm/sec gehalten. Die Trennung der Analyten erfolgte über eine Polyethylenglycol-Säule Zebron ZB-Wax (Phenomenex, Aschaffenburg, D). Diese hatte eine Länge von 30m bei einem Innendurchmesser von 0,25mm und einer Belegung von 0,25µm. Folgendes Temperaturprogramm wurde in Anlehnung an Fischer [Fischer 1995] angewendet:

Tabelle 3.18 Temperaturprogramm für die GC

Temperaturänderung [°C/min]	Endtemperatur [°C]	Haltezeit [min]	Gesamtzeit [min]
0	35	5	5
2	165	0	70
5	210	10	89

3.4.14.2.2 Quantifizierung der flüchtigen Inhaltsstoffe

Die Quantifizierung der Aromastoffe erfolgte über externe und interne Standards und zwar über den Vergleich der Peakflächenquotienten Analyt/interner Standard mit der Kalibrierkurve (in der Regel linear für den betrachteten Konzentrationsbereich), ermittelt aus den Peakflächenquotienten externer Standard/interner Standard der Kalibrierlösungen.

Tabelle 3.19 Konzentrationen und Kovats-Indices der internen Standards

Interne Standardsubstanzen	Ethanolische Stamm- lösung [mg/L]	Kaltronextraktion: Theoret. Konz. im Extrakt (vgl. Kapitel 3.4.14.1.1) [mg/L]	Demixing: Theoret. Konz. im Extrakt (vgl. Kapitel 3.4.14.1.2) [mg/L]	Kovats-Index Polyethylenglycol (CW)
2,6-Dimethylhepten-5-ol-2	940,2	47,0	13,4	1450
Propylheptanoat	960,8	48,0	13,7	1419
3-Methylbutylnonanoat	745,2	37,3	10,6	1753

Die externen Kalibrierlösungen wurden mit Kaltron angesetzt. Es wurden vier Stammlösungen hergestellt (Säuren, Alkohole, Ester, Terpene), die in tiefgefrorenem Zustand gelagert wurden. Diese wurden immer frisch in einem Messkolben 1/10 verdünnt (level 3). Aus diesem höchsten Standard wurde eine Verdünnungsreihe hergestellt, deren Konzentration 1/20 (level 2) und 1/200 (level 1) der Stammlösung entsprach (siehe Tabelle 3.20). Direkt in die mit 1mL Kalibrierlösung befüllten Probegefäße wurden die internen Standardsubstanzen (in Kaltron angesetzt) derart einpipettiert, dass für alle „levels“, mit bestmöglicher Näherung, die errechneten Konzentrationen aus Tabelle 3.19 erreicht wurden.

Tabelle 3.20 Konzentrationen und Kovats-Indices der externen Standards

Externe Standardsubstanzen	Einwaage [mg/L]	Level 3 [mg/L]	Level 2 [mg/L]	Level 1 [mg/L]	Kovats- CW
n-Butansäure (Buttersäure)	888,0	88,8	44,4	4,4	1641
n-Hexansäure (Capronsäure)	782,8	78,3	39,1	3,9	1855
n-Octansäure (Caprylsäure)	1064,4	106,4	53,2	5,3	2069
3-Methyl-1-butanol (Isoamylalkohol)	868,8	86,9	43,4	4,3	1216
(Z)-3-Hexen-1-ol (Blätteralkohol)	684,4	68,4	34,2	3,4	1390
1-Octen-3-ol	680,4	68,0	34,0	3,4	1460
1-Octanol	828,8	82,9	41,4	4,1	1562
2-Phenylethanol	1046,4	104,6	52,3	5,2	1902
Isoamylacetat (Birmenether)	666,4	66,6	33,3	3,3	1136
Ethylhexanoat (Ethylcaproat)	1077,6	107,8	53,9	5,4	1242
Hexylacetat	660,8	66,1	33,0	3,3	1280
Ethyl-(S)-(-)-2-Hydroxypropanoat (Ethyllactat)	692,8	69,3	34,6	3,5	1353
Ethyl-octanoat (Ethylcaprylat)	1057,6	105,8	52,9	5,3	1438
Ethyl-3-(E)-phenylpropenoat (Ethylcinnamat)	862,0	86,2	43,1	4,3	2112
4-Hydroxydecansäurelacton (γ -Decalacton)	374,4	37,4	18,7	1,9	2121
3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol (Linalool)	844,0	84,4	42,2	4,2	1555
α -Terpineol (p-Menth-1-en-8-ol)	634,4	63,4	31,7	3,2	1689
(S)-(-)-3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol (Citronellol)	728,0	72,8	36,4	3,6	1768
(Z)-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol (Nerol)	663,6	66,4	33,2	3,3	1797
1-(2,6,6-Trimethyl-1,3-cyclohexadienyl)-2-buten-1-on (β -Damascenon)	833,6	83,4	41,7	4,2	1800
(E)-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol (Geraniol)	738,0	73,8	36,9	3,7	1849
4-(2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexenyl)-3-buten-2-on (β -Ionon)	766,0	76,6	38,3	3,8	1916

Die Liste der eingewogenen externen Standardsubstanzen deckte bereits einen großen Teil der insgesamt quantifizierten Analyten ab. Darüber hinaus wurden weitere quantifizierbare Substanzen nach eindeutiger Identifizierung über die Massenspektren und Kovats-Indices mit Hilfe von externen Standards vergleichbarer chemischer Eigenschaften quantifiziert. Auf eine genaue Identifizierung der Nachweis- und Bestimmungsgrenzen sowie auf die Bestimmung der Wiederfindungsraten für jede Substanz wurde verzichtet, da diese bereits in der Literatur eingehend beschrieben sind [Ferreira, Lopez et al. 1998; Ferreira, Rapp et al. 1993; Ferreira, Sharman et al. 1996; Rapp, Yavas et al. 1994]. Der niedrigste externe Standard (level 1) lag in der Regel geringfügig oberhalb der Bestimmungsgrenze. Die Wiederfindungsraten wurden vereinzelt überprüft und stimmten mit den Literaturdaten überein.

Tabelle 3.21 Quantifizierbare, aber nicht in externen Standards enthaltene Analyten mit Kovats-Indices

Substanz	Kovats-CW	quantifiziert über
n-Decansäure	2303	n-Octansäure
1-Hexanol	1366	(Z)-3-Hexen-1-ol
2,3-Butandiol	1549	1-Octanol
Diethylsuccinat	1680	Ethylacetat
2-Phenylethylacetat	1820	2-Phenylethanol
Isoamyl-N-acetamid	1867	Isoamylacetat
3,7-Dimethyl-1,5,7-octatrien-3-ol (Hotrienol)	1617	β -Ionon
nicht identifiziertes Terpendiol <small>(siehe Kapitel 4.5.2)</small>	1710	β -Ionon
3-(2,6,6-Trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-2-propenal	1919	β -Ionon
3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol (Terpendiol I)	1959	β -Ionon
Benzaldehyd	1507	2-Phenylethanol

Fehlerbetrachtung: Die schnelle Durchführbarkeit und die für diese Arbeit angemessenen Nachweismöglichkeiten sprechen für die angewendeten Extraktionsmethoden. Die Reproduzierbarkeit der „Demixing-Methode“ ist in Tabelle 3.22 anhand dreier Substanzklassen eines 2000er Weißburgunderweines dargestellt. 5,5-6,5% Fehlervarianz bei Estern und Säuren sind aufgrund der Einzelschritte bei der Extraktion akzeptabel, bessere Ergebnisse liefert die Methode allerdings für Alkohole und Terpene (unter 2%).

Tabelle 3.22 Reproduzierbarkeit der Demixing-Methode für Ester, Alkohole und organische Säuren

	Isoamylacetat	Ethylhexanoat	Hexylacetat	2-Phenylethanol	Linalool	Hexansäure
Messwert 1 [$\mu\text{g/L}$]	576,2	394,5	22,5	517,6	16,9	393,7
Messwert 2 [$\mu\text{g/L}$]	602,5	350,0	20,0	530,7	17,1	352,5
Messwert 3 [$\mu\text{g/L}$]	531,8	354,2	19,9	523,4	17,3	367,1
Messwert 4 [$\mu\text{g/L}$]	587,7	362,7	20,2	512,8	16,5	384,3
Messwert 5 [$\mu\text{g/L}$]	520,0	346,1	19,8	513,2	16,8	414,6
Arithmetisches Mittel [$\mu\text{g/L}$]	563,6	361,5	20,5	519,5	16,9	382,4
Standardabweichung (σ) [$\mu\text{g/L}$]	35,9	19,5	1,1	7,5	0,3	24,0
Relativer Variationskoeffizient	6,4%	5,4%	5,6%	1,5%	1,8%	6,3%

Die Reproduzierbarkeit der Extraktion und der gaschromatographisch-massenspektrometrischen Quantifizierung war wesentlich besser als die Reproduzierbarkeit der Gärwiederholungen. Tabelle 3.23 zeigt den starken Einfluss der Gärung auf die flüchtigen Aromastoffe. Der relativ geringe „Fehlerrange“ der Gärwiederholungen bei Linalool von gut 7% weist darauf hin, dass die Versuche vergleichbar angesetzt wurden. Denn Linalool ist von den in der Tabelle aufgeführten Substanzen die einzige, die unbeeinflusst von der Hefetätigkeit bleibt.

Tabelle 3.23 Mittlere „Fehlerranges“ der Gärwiederholungen bestimmt für Ester, Alkohole und organische Säuren

	Isoamylacetat	Ethylhexanoat	Hexylacetat	2-Phenylethanol	Linalool	Hexansäure
Relativer mittlerer Fehlerrange der GärWH	21,3%	10,0%	12,9%	11,2%	7,3%	11,4%

Verfahrensvergleich direkte Kaltronextraktion gegen Entmischung mit anschließender Kaltronextraktion: Der theoretische Anreicherungsfaktor der Kaltronmikroextraktion ist 100, der der Demixingextraktion 143. Demnach sind für gegebene Analytenkonzentrationen im Wein die 1,43fache „Response“ bei den Peakflächen im Chromatogramm zu erwarten. Die „Response“ der Demixingextraktion ist zumindest für die Ester (siehe Tabelle 3.24) doppelt so hoch wie erwartet, was die Nachweisgrenze reduziert und die Quantifizierung erleichtert. Deshalb wurden alle Versuchsweine mit der aufwendigeren Demixingextraktion behandelt. Weiterhin ist zu erkennen, dass mit sinkender Polarität der Analyten die Extraktionsrate steigt. Die Entmischung der ethanolischen von der wässrigen Phase fördert mit ihrem Aussalzeffekt die bereits von anderen Autoren [Rapp, Yavas et al. 1994] beobachtete Tendenz der guten Anreicherungsseigenschaften von Kaltron in Bezug auf unpolare Substanzen, speziell Ester.

Tabelle 3.24 Vergleich der Anreicherung durch Extraktion direkt über Kaltron oder mit vorherigem Entmischungsschritt

	Konz. im Wein [µg/L]	Area absolut	Area/µg/L	Faktor
2,6-Dimethylhepten-5-ol-2 bei Kaltronextraktion	470	39088761	83150	
2,6-Dimethylhepten-5-ol-2 bei Demixing	94	11480458	122107	1,47
Propylheptanoat bei Kaltronextraktion	480	35594260	74093	
Propylheptanoat bei Demixing	96	21015317	218727	2,95
3-Methylbutylnonanoat bei Kaltronextraktion	373	33921550	91040	
3-Methylbutylnonanoat bei Demixing	75	22319484	299510	3,29

3.4.15 Durchführung der Weinsensorik

Es wurde unterschieden zwischen wertender Sensorik durch viele Vertreter der Weinwirtschaft, die jeweils eine Rangfolge innerhalb der Versuchsreihen ermittelten und deskriptiver Sensorik, durch ein ausgewähltes Prüferpanel von 15 Personen.

3.4.15.1 Die Erstellung des Rangfolgetests

Im Mai 2001 wurden Vertreter der Weinwirtschaft und des FDW in die Aula der SLFA Neustadt a.d.W. eingeladen, um ihnen einen Eindruck von den Möglichkeiten der physikalischen Konzentrierungsverfahren zu vermitteln und ihre Bewertung abzufragen. Insgesamt kamen zu diesem Termin 35 Personen. Verkostet wurden einige Versuchsreihen des Jahrgangs 2000.

Im Rahmen der Kellerwirtschaftlichen Versuchstage im Juni 2002 wurden unter anderem die Versuche zur Mostkonzentrierung des Jahrgangs 2001 präsentiert. Bei dieser Großveranstaltung erschienen am ersten Tag 75, am zweiten Tag 35 Personen.

Diese Prüferpanels wurden gebeten, die ihnen in wechselnder Reihenfolge gereichten Versuchsvarianten jeder Versuchsreihe mit Rängen zu bewerten (Rangfolgetest), je nachdem, welcher Wein ihnen am besten, zweitbesten usw. geschmeckt hatte. Die Auswertung dieser Daten erfolgte mit dem Friedman-Test (siehe Kapitel 3.3.3).

3.4.15.2 Die deskriptiv sensorische Bewertungsmethode

Die Deskriptiv-Attribute wurden für Rot- und Weißwein unterschiedlich festgelegt (Rezepte siehe Tabelle 3.25).

Für Rotweine:

- Geruch: „Kirsche, Rosmarin, würzig, Cassis, grüne Paprika, Erdbeere, rauchig“
- Geschmack/Aussehen: „Säure, Adstringenz, Bittere, Körper, Farbintensität“.

Für Weißweine:

- Geruch: „Zitrone, Apfel, Pfirsich/Maracuja, grüne Bohne, Honig/rauchig, blumig, UTA (nur bei 99er Weinen)“
- Geschmack/Aussehen: „Säure, Adstringenz, Bittere, Körper“

Tabelle 3.25 Rezepte für deskriptiv sensorische Geruchs- und Geschmacksattribute (als Standardwein wurde ein „schlanker“ Rot- oder Weisswein mit wenig Eigenaroma verwendet)

Attribut	Menge pro 500mL Standardwein	Verwendeter Standard
Kirsche	30mL	Weichselkirschen Sirup, d'arbo (bei Globus erhältlich)
Rosmarin	0,12mL	Extrakt von Rosmarinnadeln in EtOH
rauchig	1mL	Vinylguajacol (Stammlsg: 10mg Vinylguajacol / 100mL EtOH)
grüne Paprika	kleines Stück	kurz in Standardwein einlegen
Cassis	30mL	Cassis Sirup, d'arbo (bei Globus erhältlich)
Erdbeere	40mL	Erdbeerkonservenflüssigkeit

Attribut	Menge pro 500mL Standardwein	Verwendeter Standard
würzig	0,4mL	Vanille (McCormik Vanilleextrakt) + 5 Pfefferkörner + 3 Gewürznelken zerrieben und 2 h im Standardwein ziehen lassen
Apfel	80µL	Apfelaroma, Fa.Silesia
Zitrone	0,3mL	Extrakt (2g Zitronenschale in 100mL EtOH)
blumig	100µL	Rosenblüte (Stammlsg: 25µL Rosenwasser aus der Apotheke / 100mL EtOH)
rauchig	1mL	Vinylguajakol (Stammlsg: 10mg Vinylguajakol / 100mL EtOH)
grüne Bohne	25mL	Konservenlake Fa.Bonduelle
Maracuja	15mL	Sirup, Riemerschmid (bei Globus erhältlich)
UTA	1mL	Stammlsg. [7,5mL Indollsg. (0,01%ige Lsg in 10%igem EtOH)+ 220µL 2-Aminoacetophenon (0,01%ig) + 100mL Fuselalkoholstammlsg. (1mL 1-Butanol, 1mL 3-Methyl-1-butanol, 1mL 2-Methyl-1-propanol, 72mL EtOH, 25mL Wasser)]
Säure	0,4g	Zitronensäure
Adstringenz	0,2g	Tannin
Bitter	0,3g	Coffein
Körper		Ein zu der Versuchsreihe passender körperreicher Wein

Die 13 bis 15 Prüfer des Sensorikpanels wurden auf die zu untersuchenden Attribute für Rot- und Weißwein trainiert. Dazu standen ihnen die in Tabelle 3.25 beschriebenen Standards als „Eich“-Referenz (starke Ausprägung des Attributs) zur Verfügung. Dem Prüferpanel wurde der Standard in drei Abschwächungen dargeboten:

- Geringe Konzentration (Standardwein); Sollwert: 2 (Skala von 0 – 10)
- Mittlere Konzentration; Sollwert: 5 (Skala von 0 – 10)
- Starke Konzentration (wie starker Vergleichsstandard); Sollwert: 8 (Skala von 0 – 10)

Die Prüfer mussten diese Abstufungen anhand der Referenz erkennen und bewerten. Erschwerend kam mit Fortdauer des Trainings hinzu, dass Gerüche und Geschmäcker in unterschiedlichen Intensitäten gemischt wurden. Auch aus dem Gemisch sollte die Ausprägung des jeweiligen Attributs richtig erkannt werden.

In den folgenden Tabellen (Tabelle 3.26 - Tabelle 3.28) wird eine Fehlerbetrachtung der deskriptiven Sensorik vorgenommen.

Tabelle 3.26 Fehlerbetrachtung beim Training des deskriptiv sensorischen Prüferpanels: Geruchsattribute Rotwein

	Kirsche			Rosmarin			grüne Paprika		
Soll	2,0	5,0	8,0	5,0	5,0	8,0	2,0	5,0	8,0
Prüfer 1	0,8	4,8	8,0	5,2	1,4	9,3	1,1	3,4	9,5
Prüfer 2	4,8	6,7	5,8	1,8	4,8	8,6	3,6	0,5	8,4
Prüfer 3	2,4	4,4	7,8	1,3	5,0	8,3	4,4	4,4	8,1
Prüfer 4	1,4	6,4	8,9	4,3	4,5	9,2	0,7	4,4	9,1
Prüfer 5	1,4	4,5	9,0	4,4	4,4	9,1	4,6	4,6	8,8
Prüfer 6	0,4	5,1	9,9	0,7	5,3	10,0	5,0	0,5	9,9
Prüfer 7	4,6	4,6	9,3	2,1	4,2	9,2	3,9	4,1	8,7
Prüfer 8	0,6	5,3	9,6	4,9	5,0	9,5	1,3	5,5	8,6
Prüfer 9	5,0	7,8	0,5	4,7	0,3	9,0	0,5	5,3	9,5
Prüfer 10	0,6	2,4	9,3	3,4	0,9	9,1	1,8	4,9	8,9
Prüfer 11	1,3	1,5	3,4	0,7	0,8	5,0	0,6	6,7	8,9
Prüfer 12	3,6	0,1	9,2	0,7	5,3	9,6	0,8	4,6	3,6
Prüfer 13	5,8	7,4	7,9	6,6	3,9	8,3	4,1	0,3	9,8
Prüfer 14							7,5	8,3	9,1
Arithmetisches Mittel	2,5	4,7	7,6	3,1	3,5	8,8	2,8	4,1	8,6
Abweichung vom Sollwert	0,5	-0,3	-0,4	-1,9	-1,5	0,8	0,8	-0,9	0,6
Relative Abweichung (Richtigkeit)	24,9%	-6,3%	-5,2%	-37,2%	-29,9%	9,6%	42,4%	-18,0%	8,0%
Standardabweichung	2,0	2,3	2,8	2,0	1,9	1,2	2,2	2,3	1,5
Relativer Variationskoeffizient	78,6%	48,4%	36,8%	64,2%	54,5%	14,0%	76,0%	56,5%	17,8%

	Erdbeere			würzig			Cassis		
Soll	2,0	5,0	8,0	2,0	5,0	8,0	5,0	5,0	8,0
Prüfer 1	1,1	6,5	8,6	0,5	5,0	9,5	2,4	7,4	9,8
Prüfer 2	1,7	3,6	9,0	0,2	4,2	7,0	5,0	0,4	9,1
Prüfer 3	1,3	4,6	8,8	1,4	5,0	8,7	4,7	1,5	7,9
Prüfer 4	1,0	5,2	8,9	5,6	3,5	8,8	9,2	4,5	0,8
Prüfer 5	0,9	4,8	8,9	0,3	4,8	9,6	5,0	0,3	9,6
Prüfer 6	0,7	4,2	9,9	1,0	4,5	8,7	0,8	4,2	8,3
Prüfer 7	0,6	4,2	8,3	0,4	4,9	9,9	5,2	0,3	9,8
Prüfer 8	0,5	5,5	9,3	0,5	4,4	9,5	4,7	2,4	9,5
Prüfer 9	0,5	4,9	9,7	0,4	4,8	9,6	0,4	4,8	9,4
Prüfer 10	0,7	5,4	8,7	0,6	4,7	9,0	0,8	4,1	9,4
Prüfer 11	0,9	6,9	9,2	1,7	4,6	7,5	4,3	1,0	8,0
Prüfer 12	2,3	2,4	1,2	0,0	4,5	9,8	0,2	4,4	9,7
Prüfer 13	0,5	4,1	9,5	0,6	5,2	9,6	4,7	4,3	9,6
Prüfer 14	5,3	7,8	8,8						
Arithmetisches Mittel	1,3	5,0	8,5	1,0	4,6	9,0	3,6	3,0	8,5
Abweichung vom Sollwert	-0,7	0,0	0,5	-1,0	-0,4	1,0	-1,4	-2,0	0,5
Relative Abweichung (Richtigkeit)	-35,6%	0,0%	6,1%	-49,0%	-7,8%	12,6%	-27,6%	-39,3%	6,7%
Standardabweichung	1,3	1,4	2,1	1,5	0,4	0,9	2,6	2,2	2,4
Relativer Variationskoeffizient	97,7%	27,8%	25,2%	143,7%	9,7%	9,8%	71,5%	72,8%	28,5%

Tabelle 3.27 Fehlerbetrachtung beim Training des deskriptiv sensorischen Prüferpanels: Geruchsattribute Weißwein

	Zitrone			grüne Bohne			blumig		
Soll	5,0	5,0	8,0	2,0	5,0	8,0	5,0	5,0	8,0
Prüfer 1	3,9	7,0	9,1	1,0	4,8	8,6	5,7	3,7	6,9
Prüfer 2	8,5	6,2	6,3	0,5	1,6	3,0	5,5	4,4	4,9
Prüfer 3	7,9	3,7	8,2	2,2	8,5	4,0	7,6	5,8	8,6
Prüfer 4	4,1	1,2	8,8	5,7	5,4	5,7	4,9	4,8	8,9
Prüfer 5	9,6	0,4	4,4	0,2	4,7	9,8	0,3	4,4	9,5
Prüfer 6	9,0	8,9	8,9	0,5	5,0	8,7	4,1	9,0	8,8
Prüfer 7	9,8	1,1	5,5	4,4	4,2	4,3	4,4	4,3	9,9
Prüfer 8	8,0	5,3	0,7	7,5	4,4	4,7	5,5	5,3	8,6
Prüfer 9	1,0	5,3	8,5	0,3	7,5	9,2	4,1	3,2	1,5
Prüfer 10	0,6	9,5	4,9	0,4	5,0	9,6	5,2	9,4	5,0
Prüfer 11	0,7	4,8	9,6	0,9	9,2	4,8	9,1	4,9	9,1
Prüfer 12	1,5	5,0	3,7	0,8	2,1	6,8	5,4	4,1	2,9
Prüfer 13	0,0	1,3	9,6	0,0	4,4	9,6	7,4	3,9	4,2
Prüfer 14	0,7	4,7	9,3	0,4	5,2	9,1	9,2	8,0	9,5
Prüfer 15	3,4	4,4	7,4	2,8	5,4	7,6	6,2	7,6	7,2
Arithmetisches Mittel	4,6	4,6	7,0	1,9	5,2	7,0	5,6	5,5	7,0
Abweichung vom Sollwert	-0,4	-0,4	-1,0	-0,2	0,2	-1,0	0,6	0,5	-1,0
Relative Abweichung (Richtigkeit)	-8,5%	-8,6%	-12,6%	-7,5%	3,2%	-12,2%	12,7%	10,4%	-12,1%
Standardabweichung	3,8	2,7	2,6	2,3	2,0	2,4	2,2	2,0	2,7
Relativer Variationskoeffizient	82,6%	59,9%	37,9%	123,3%	39,4%	34,0%	39,2%	36,5%	38,2%

	Apfel			rauchig		
Soll	2,0	5,0	8,0	5,0	5,0	8,0
Prüfer 1	2,4	2,4	4,0	4,2	5,2	8,7
Prüfer 2	1,9	2,0	2,8	9,6	9,4	9,2
Prüfer 3	5,3	1,6	8,7	5,2	4,6	8,3
Prüfer 4	0,6	4,8	9,4	4,8	4,8	9,3
Prüfer 5	0,2	9,5	9,5	0,3	4,3	9,6
Prüfer 6	4,5	8,9	4,5	4,3	4,3	8,9
Prüfer 7	5,4	4,9	9,9	4,5	4,7	10,0
Prüfer 8	1,6	4,2	7,5	1,2	4,1	8,1
Prüfer 9	3,1	4,5	5,6	7,8	4,4	9,1
Prüfer 10	4,9	9,7	0,3	0,4	4,6	9,6
Prüfer 11	1,0	4,6	9,4	4,4	4,4	9,3
Prüfer 12	1,0	3,4	4,2	5,4	5,4	7,7
Prüfer 13	0,0	1,7	8,8	4,7	0,7	8,7
Prüfer 14	5,2	5,2	8,6	0,5	0,6	7,8
Prüfer 15	4,5	1,7	7,5	5,2	5,5	8,1
Arithmetisches Mittel	2,8	4,6	6,7	4,2	4,5	8,8
Abweichung vom Sollwert	0,8	-0,4	-1,3	-0,8	-0,5	0,8
Relative Abweichung (Richtigkeit)	38,9%	-8,2%	-16,2%	-16,8%	-10,9%	10,2%
Standardabweichung	2,0	2,8	2,9	2,6	2,0	0,7
Relativer Variationskoeffizient	72,4%	60,5%	43,8%	63,5%	45,0%	8,0%

Tabelle 3.28 Fehlerbetrachtung beim Training des deskriptiv sensorischen Prüferpanels: Geschmacksattribute Rot- und Weißwein

	Bittere			Adstringenz			Säure		
Soll	2,0	5,0	8,0	2,0	5,0	8,0	2,0	5,0	8,0
Prüfer 1	1,1	4,9	9,0	5,0	1,7	8,7	1,4	5,0	9,1
Prüfer 2	5,1	4,0	8,6	5,3	0,9	8,6	3,1	4,8	4,5
Prüfer 3	4,7	1,5	7,9	3,2	1,8	7,9	5,2	5,2	4,6
Prüfer 4	1,1	7,8	5,1	1,2	5,1	9,0	0,8	8,2	5,1
Prüfer 5	1,7	6,0	7,9	4,6	0,9	9,1	0,9	5,1	8,7
Prüfer 6	0,8	3,9	9,3	2,1	4,7	5,3	3,9	4,7	6,2
Prüfer 7	5,9	8,7	5,1	4,8	2,1	7,8	0,5	1,3	9,0
Prüfer 8	1,3	4,2	7,6	5,1	1,8	7,7	6,1	7,8	3,7
Prüfer 9	2,1	6,7	7,7	0,8	5,6	8,3	1,3	5,1	8,5
Prüfer 10	0,6	4,2	9,3	1,0	7,9	4,8	1,2	4,6	8,7
Prüfer 11	1,0	4,6	9,2	1,7	4,3	8,4	0,9	7,8	4,2
Prüfer 12	1,2	5,8	7,5	1,9	7,4	5,2	3,7	7,6	4,5
Prüfer 13	4,6	1,2	8,0	1,8	5,3	9,0	4,5	8,1	4,7
Prüfer 14	5,9	5,1	8,2	1,3	0,7	8,9	5,1	1,3	5,0
Arithmetisches Mittel	2,7	4,9	7,9	2,8	3,6	7,8	2,8	5,5	6,2
Abweichung vom Sollwert	0,7	-0,1	-0,1	0,8	-1,4	-0,2	0,8	0,5	-1,8
Relative Abweichung (Richtigkeit)	32,5%	-2,0%	-1,4%	42,1%	-28,3%	-2,9%	37,9%	9,4%	-22,8%
Standardabweichung	2,1	2,1	1,3	1,7	2,5	1,5	2,0	2,3	2,1
Relativer Variationskoeffizient	77,9%	42,5%	17,0%	61,2%	68,8%	19,5%	71,3%	41,5%	34,0%

Aus der Fehlerbetrachtung ist erkennbar, dass die deskriptive Sensorik großen Fehlerintervallen unterliegt, was sowohl die Richtigkeit der Angaben als auch die Variation innerhalb des Prüferpanels angeht. Dies rührt daher, dass nicht nur ein einziger Prüfer jeden Wein 15mal verkostet, sondern, dass jeder Wein von 15 individuellen Personen verkostet wird. Die Prüfer unterscheiden sich in vielen physiologischen Faktoren, was zu großen interindividuellen Unterschieden in der Sensorik führt [Fischer 1999]. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass jeder Prüfer sein Kreuz auf eine andere Stelle der Skala setzt, obwohl er/sie eine vergleichbare sensorische Wahrnehmung gemacht hat. Wenn beispielsweise zwei Prüfer einen Geruchseindruck eines niedrigen Standards als niedrig empfinden, kreuzen sie ihn auf dem ersten Drittel der Skala an. Der eine macht sein Kreuz bei 0,5 der andere bei 2,5. Diese unterschiedliche Ankreuzweise birgt in sich schon eine große Varianz, obwohl die Prüfer das Gleiche aussagen wollten. Dieser individuellen Ankreuzweise der Prüfer wurde Rechnung getragen durch eine Transformation der Werte vor der statistischen Auswertung (LSD-Test). Die Bewertung des Attributs einer Variante geteilt durch den durchschnittlichen Attributwert aller Varianten einer Versuchsreihe ergibt einen relativen Abweichungswert. Dadurch konnten die Versuchsreihen, die von unterschiedlichen Rebsorten stammten und von verschiedenen Verkostern bewertet wurden, wesentlich besser auf die Verfahrensunterschiede hin untersucht und miteinander verglichen werden (vgl. Kapitel 3.3). Die Auswertung der Sensorik schloss alle Versuchsreihen von 1999 – 2001 ein, bei denen eine wissenschaftliche Verkostung sinnvoll war. Durch Vorverkostungen innerhalb des Arbeitskreises Kellerwirtschaft der SLFA-NW wurde die entsprechende Auswahl getroffen, wobei

Versuchsreihen mit Weinkrankheiten und Weinfehlern, was höchst selten vorkam, ausgeschlossen wurden.

3.4.16 Kontrollinstrumente für Most- und Weinkonzentrierung

3.4.16.1 Kombination von FT-IR und PCA

Das Gerät Winescan FT120 (Foss, Hillerød, DK) erlaubt es, mittels Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FT-IR), nach entsprechender Kalibrierung, etwa zwanzig Analyseparameter von Mosten und Weinen innerhalb von 5 Minuten auszugeben. In dieser Arbeit soll das Verfahren nicht im Detail beschrieben werden. Dazu sei auf die Arbeiten von Patz (FA Geisenheim) [Patz, Blicke et al. 2002] und Berger (SLFA Neustadt a.d.W.) [Berger 2002] hingewiesen. Um aus Spektren des mittleren IR-Bereiches mit den Referenzdaten eine Kalibrierung zu erstellen, werden verschiedene chemometrische Verfahren eingesetzt. Zuerst wird mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse (PCA) die Homogenität des Datensatzes überprüft, danach werden für jede zu bestimmende Substanz Spektralbereiche selektiert und mit Hilfe der PLS (Partial Least Square-Regression) und von neuronalen Netzen Kalibriermodelle erstellt. Die Validierung der Methode erfolgt immer mit einem unabhängigen, nicht zur Kalibrierung verwendeten Datensatz.

Mit Hilfe des WineScan FT120 und der zugehörigen Software können auch eigene Fragestellungen bearbeitet werden, die ursprünglich nicht in der Kalibrierung vorgesehen waren. So können neue Analyseparameter eingeführt werden und Fragen nach Unterschieden zwischen Proben beantwortet werden. Beispielsweise ist es in der Milchwirtschaft möglich, die Unterschiede zwischen Ziegen- und Kuhmilch klar über IR-Spektren zu erkennen und den Grad von Verschnitten von Kuhmilch in Ziegenmilch aufzuklären. Ähnliches wurde in dieser Arbeit für Weine nach physikalischer Mostkonzentrierung und traditionell erzeugten Weinen versucht. Dazu wurden die IR-Spektren von 100 Rot- und Weißweinen aufgenommen (ca. 40 nach Mostkonzentrierung). Es wurde eingegeben, ob die Weine traditionell erzeugt (mit Saccharosezusatz oder unbehandelt) oder physikalisch konzentriert waren. Durch nachfolgende „Principal Component Analysis“ (PCA) sollte eine Trennung zwischen den beiden Varianten erreicht werden.

3.4.16.2 Unmittelbare Überwachung der physikalischen Konzentrierung

Die Idee war, ein Kontrollinstrument während der Konzentrierung zu haben, um sofort den Wasserentzug und den Anreicherungsgrad festzustellen und kontrollieren zu können, ob die gesetzlichen Vorschriften eingehalten wurden.

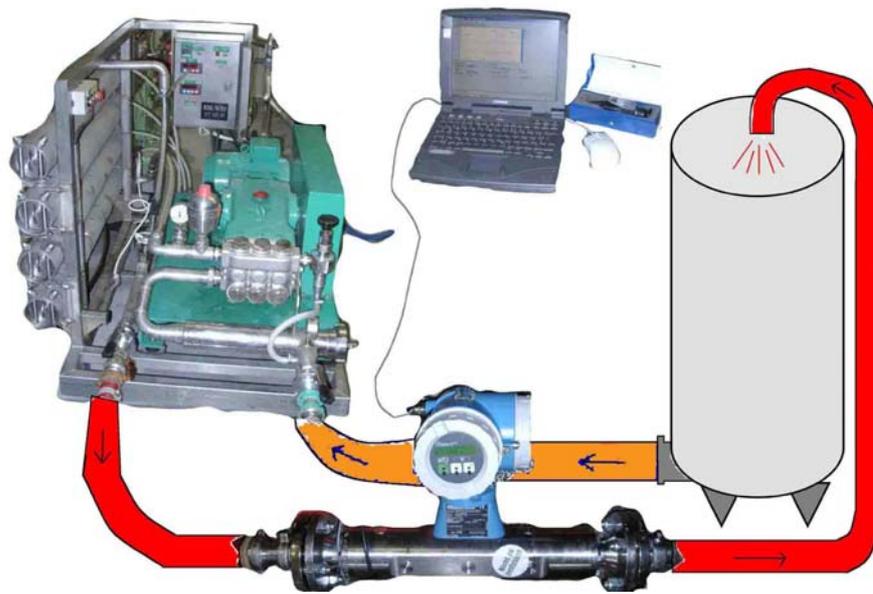


Abbildung 3.7 UO-Konzentrierung mit nachgeschalteter Kontrolleinheit Promass 63 (Fa. Endress+Hauser)

Das Promass 63-Messgerät (Endress+Hauser, Frankfurt, D) (Abbildung 3.7) wurde in den Flüssigkeitskreislauf unmittelbar nach der Konzentrationsanlage geschaltet. Während des Konzentrationsprozesses konnten die relative Dichte, die Temperatur und der Massestrom der zu behandelnden Flüssigkeit fortlaufend aufgezeichnet werden. Die Daten wurden in den PC übertragen und konnten dort „online“ ausgewertet werden.

4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die chemisch-analytischen und die sensorischen Ergebnisse je nach Substanzklasse bzw. angewendetem Analyseverfahren dargestellt, und zwar für Moste und Weine getrennt. Besonders wird auf signifikante Unterschiede zwischen den diversen Anreicherungsverfahren eingegangen, die sich aufgrund des LSD-Tests (Kapitel 3.3.1) ergeben haben.

4.1 Einfluss der Mostkonzentrierung auf die Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe in Most und abgetrenntem Wasser

4.1.1 Gehalte wertgebender Mostinhaltsstoffe

Zunächst werden die Ergebnisse der Mostanalytik vorgestellt. Beschrieben werden zum einen alle nicht flüchtigen Inhaltsstoffe, die ab Konzentrationen von 0,1 g/L im Most vorkommen. Zu deren Analytik bediente man sich der HPLC und nasschemischer Untersuchungsmethoden. Zum anderen werden Terpenalkohole im Most beschrieben. Diese wurden per GC-MS qualifiziert und quantifiziert.

4.1.1.1 Einfluss der physikalischen Konzentrierungsverfahren auf die nicht flüchtigen Mostinhaltsstoffe(allgemein)

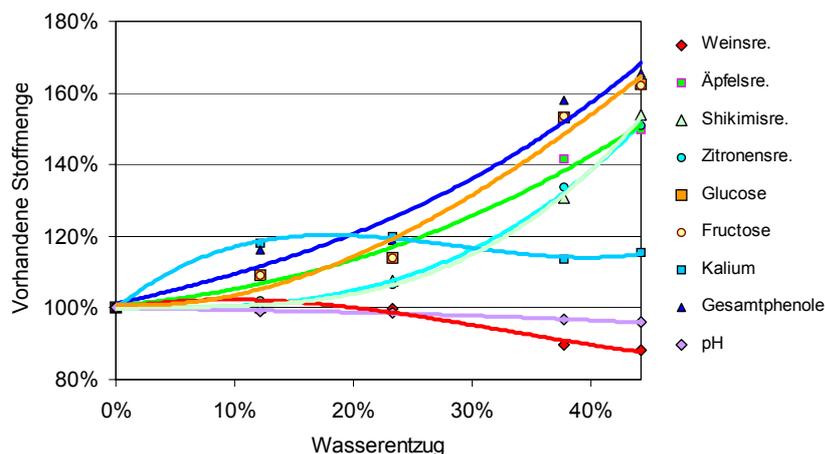


Abbildung 4.1 Auswirkungen von Wasserentzug mittels UO bei einem 2001er Spätburgundermost

Am Beispiel einer Teilmengenkonzentrierung mit mehrfacher Probenahme bei einem 2001er Spätburgundermost lässt sich die Aufkonzentrierung der nicht flüchtigen Inhaltsstoffe durch die physikalische Konzentrierung (Abbildung 4.1) nachvollziehen. Die Konzentrationen der meisten Inhaltsstoffe verhielten sich nicht linear zu steigendem Wasserentzug gemäß der Formel:

$$\text{Endkonzentration} = \text{Ausgangskonzentration} * 100\% / (100\% - \text{Wasserentzug}[\% \text{vol}])$$

Zu diesen Verbindungen zählten alle organischen Säuren, außer Weinsäure, die Mostzucker und die Phenole. Der pH-Wert änderte sich kaum. Kalium wurde zunächst angereichert, bis das Löslichkeitsprodukt mit Weinsäure überschritten wurde und Weinstein (Kaliumhydrogentartrat) ausfiel. Da die Molmenge von Weinsäure (36mmol/L) etwas unter der von Kalium (41mmol/L) lag, wurde Weinsäure erst gar nicht angereichert, sondern die Konzentration sank nach anfänglicher Stagnation deutlich (um gut 10%). Die Kaliumkonzentration stieg anfänglich, beschrieb aber mit zunehmendem Wasserentzug eine der Weinsäure parallele Kurve. Auf diese Sachverhalte soll im Folgenden unter Berücksichtigung der Versuchsmoste aus drei Vegetationsperioden eingegangen werden.

4.1.1.2 Gehalte gesamter titrierbarer Säure und pH-Werte der Moste

Die pH-Werte zwischen den einzelnen Varianten einer Versuchsreihe unterschieden sich nur wenig (ca. 0,1 pH-Einheiten). Man konnte eine signifikante pH-Erniedrigung von Umkehrosiose (UO) gegenüber unbehandelt (unbeh) und saccharoseangereichert (sacch) feststellen. Im Weinstadium wurde ein gegenteiliges Ergebnis erhalten (vgl. Kapitel 4.2.1). UO und Vakuumverdampfung (VD) lagen im pH-Wert signifikant unter Schrägkühlerkonzentrierung (SK) und Ausdünnung im Weinberg (ausged).

Die niedrigsten Gesamtsäurewerte wurden bei den Varianten ausgedünnt, unbehandelt und saccharoseangereichert gemessen. Die höchsten Säuregehalte erreichten die mittels UO und VD physikalisch konzentrierten Varianten. Sie lagen um ca. 10% signifikant höher als die nicht konzentrierten Varianten.

4.1.1.3 Gehalte organischer Säuren der Moste

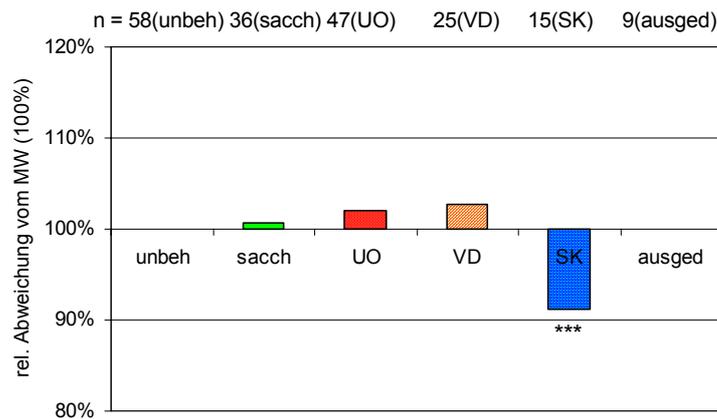


Abbildung 4.2 Technologisch bedingte Veränderungen der Weinsäuregehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei der Weinsäure gab es keine Unterschiede zwischen UO, VD, Ausdünnung im Weinberg und den Kontrollvarianten unbehandelt und saccharoseangereichert (siehe Abbildung 4.2). Die aus Traubenkühlung erzeugten Varianten SK und Kühlzelle (KÜZ) (nicht abgebildet) zeigten dagegen 10% niedrigere Konzentrationen. Dies wurde durch den verstärkten Weinsteinausfall bei Anwendung der Kälte-Techniken verursacht.

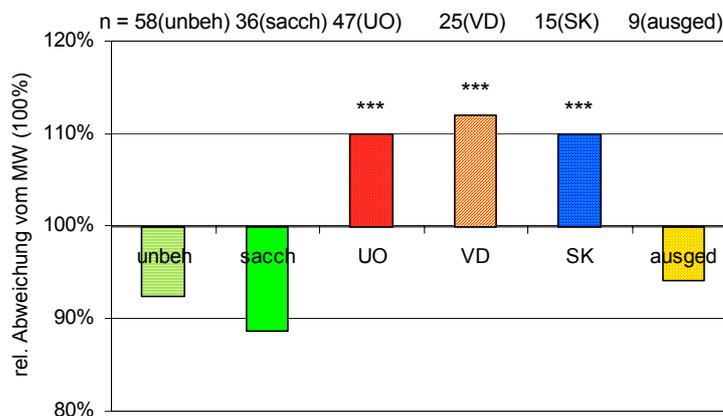


Abbildung 4.3 Technologisch bedingte Veränderungen der Äpfelsäuregehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei der Äpfelsäure wurden für die Kontrollvarianten unbehandelt und saccharoseangereichert sowie für die Ausdünnung im Weinberg vergleichbare Werte ermittelt (siehe Abbildung 4.3). Dies sprach nicht für eine beschleunigte Reife der ausgedünnten Variante. Auch bei den Zuckergehalten kam diese

Variante nicht signifikant über die unbehandelte Variante hinaus (vgl. Kapitel 4.1.1.4). Daher kann man sagen, dass die Ausdünnung im Weinberg bezüglich der Reifeparameter Äpfelsäure und Zucker keinerlei Vorteile brachte. Man sollte allerdings auch die Entwicklung der Terpenkonzentrationen berücksichtigen (Kapitel 4.5.2). Zumindest im Weißwein schnitt diese Variante (WB) deutlich besser ab als die Kontrollen unbehandelt und saccharoseangereichert.

Die physikalisch konzentrierten Varianten (KÜZ nur bedingt) lagen in ihren Äpfelsäurekonzentrationen signifikant um 20% höher als die nicht konzentrierten Kontrollvarianten. Daher ist dieser Parameter gut zur Charakterisierung der Mostkonzentrierung geeignet. Allerdings wird bei der Rotweinbereitung häufig ein biologischer Säureabbau durchgeführt, wodurch die Konzentrationsunterschiede etwas verwischen. Die Molzahlen (Äpfelsäure vor BSA, Milchsäure nach BSA) sind gleich. Aus diesem Grund wurde bei der Äpfelsäurestatistik im Weinstadium Milchsäure zu Äpfelsäure unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Molekulargewichte hinzuaddiert (vgl. Kapitel 4.2.2).

Annähernd parallel zur Äpfelsäure verlief das Anreicherungsverhalten der Shikimisäure (siehe Anhang 3). Die Konzentrationen bei UO, VD und SK lagen um 25% höher als bei den unbehandelten bzw. saccharoseangereicherten Kontrollvarianten. Ausdünnung im Weinberg zeigte hierbei die niedrigsten Gehalte an Shikimisäure, immerhin 8% unter unbehandelt bzw. saccharoseangereichert. Unerklärlich blieb die schwache, nicht signifikante Anreicherung der Shikimisäure durch KÜZ.

Die Essigsäure (nicht abgebildet) war bei der Mostanalyse nicht relevant, da fast nie nachweisbar. Wenn doch leichte Konzentrationen gemessen werden konnten, wurden sie nicht durch die physikalische Konzentrierung beeinflusst. Bei der Weinkonzentrierung (Kapitel 4.7.1) wurde nachgewiesen, dass keine Essigsäureanreicherung durch die UO-Konzentrierung stattfand, weil das Molekül durch die semipermeable Membran hindurchging. Da die gleichen Membranen für Most- und Weinkonzentrierung benutzt wurden, ist dieses Ergebnis auch für die Moste gültig.

Für die Zitronensäure (nicht abgebildet) konnten signifikante Erhöhungen durch SK und VD gegenüber den unbehandelten bzw. saccharoseangereicherten Varianten gefunden werden. Bei UO wurden keine signifikanten Unterschiede zu den Kontrollvarianten entdeckt.

4.1.1.4 Gehalte von Alkoholen und Zuckern der Moste

Die unbehandelten Mostvarianten lagen mit ihren Glucose- und Fructose-Gehalten laut HPLC-Quantifizierung signifikant (Ergebnis nicht abgebildet) unter allen anderen Varianten (Saccharose-

anreicherung, UO, VD, SK, KÜZ, Ausdünnung im Weinberg). Dies dokumentierte lediglich die richtige Versuchsanstellung, bei der Mostzucker durch physikalische Konzentrierung einerseits und durch Saccharosezusatz andererseits signifikant angehoben wurde.

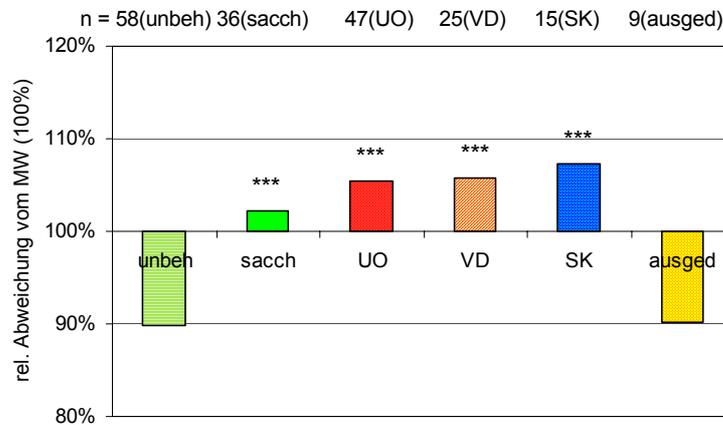


Abbildung 4.4 Technologisch bedingte Veränderungen der Mostgewichte relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Ein leicht von den HPLC-Werten abweichendes Ergebnis wurde erhalten, wenn man die Zuckerkonzentrationen aus den °Oe-Werten (siehe Kapitel 2) errechnete. Wie in den Kapiteln 3.4.7 und 3.4.3 gezeigt wurde, waren die Dichtewerte wesentlich reproduzierbarer als die Zuckerwerte der HPLC, zumal Moste für diese Analyse eins zu vier verdünnt wurden, was zu einem zusätzlichen Verdünnungsfehler führen konnte. Aus der statistischen Auswertung dieser Daten (siehe Abbildung 4.4) ging hervor, dass die Zuckergehalte der unbehandelten Kontrollvariante und der Ausdünnung im Weinberg sich nicht signifikant unterschieden (<1%). Signifikant darüber (12-17%) lagen die übrigen Varianten saccharoseangereichert, UO, VD, SK und KÜZ, wobei bei SK wohl zu hoch konzentriert wurde (durchschnittlich 2% mehr als UO und VD). Die Probenahme bei der Saccharosekontrollvariante gestaltete sich schwierig und wurde nur an der FA Geisenheim durchgeführt. Trotz guter Homogenisierung konnte nicht sichergestellt werden, dass sich sämtliche Saccharose aufgelöst hatte. Dadurch konnte es im Vergleich zu den physikalisch konzentrierten Varianten zu niedrigeren Mostgewichtsmessungen (Abbildung 4.4) bzw. Glucose- und Fructosegehalten kommen.

Die Glycerinkonzentration (nicht abgebildet) spielt nur bei stark botrytisbelastetem Material eine Rolle, da in gesunden Trauben kein Glycerin vorhanden ist. Daher konnte nur bei wenigen Versuchsreihen und innerhalb dieser wiederum in einigen Versuchsvarianten Glycerin nachgewiesen werden. Aufgrund der daraus resultierenden geringen Datenmenge und des nicht normalverteilten Datensatzes

konnte man lediglich die unbehandelte Kontrolle mit UO statistisch vergleichen. Hierbei wurden keine signifikanten, wohl aber tendenzielle Unterschiede festgestellt. Die Glycerinkonzentrationen bei UO lagen um durchschnittlich 17% über denen von unbehandelt. Man kann davon ausgehen, dass neben dem Glycerin auch weniger positiv zu bewertende Moleküle aus dem Botrytisstoffwechsel, beispielsweise die Pilzaromen oder diverse Zuckeralkohole, ebenfalls angereichert werden. Dies konnte in Kapitel 4.5.1 am Beispiel des 1-Octen-3-ol bei dem mit 95% Botrytis belasteten Riesling gezeigt werden.

4.1.1.5 Gehalte an Kationen der Moste

Bei Mosten spielt die Stickstoffversorgung eine große Rolle, um eine gute Vergärung zu gewährleisten. Ein wichtiger Parameter ist dabei der Ammoniumgehalt. Bei den ionenchromatographischen Messungen zeigte sich, dass die physikalisch konzentrierten Varianten um 18% höhere Konzentrationen an NH_4^+ (nicht abgebildet) aufwiesen als die Kontrollvarianten unbehandelt und saccharoseangereichert. Auch die Ausdünnung im Weinberg erbrachte signifikant höhere Gehalte als die Kontrollvarianten.

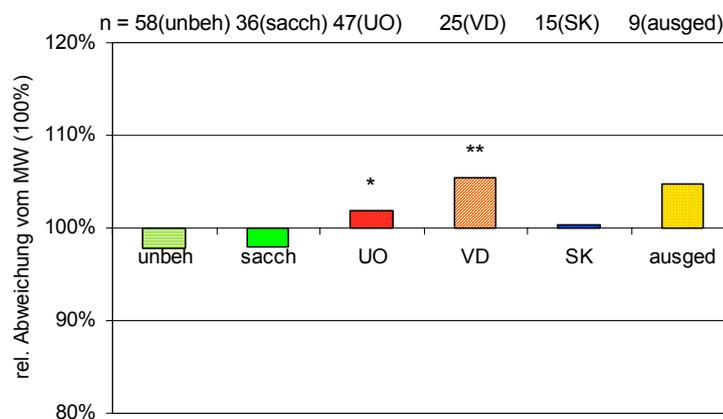


Abbildung 4.5 Technologisch bedingte Veränderungen der Kaliumgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei Kalium (siehe Abbildung 4.5) gab es nur geringe Konzentrationsunterschiede zwischen UO, VD und den Kontrollvarianten, was für einen Weinsteinausfall sprach, der auch durch die Weinsäuremessung (Abbildung 4.2) bestätigt wurde. VD hatte mit 8% hoch signifikant höhere Konzentrationen als unbehandelt und saccharoseangereichert und zeigte einen geringeren Weinsteinausfall als UO. Dies kann dadurch erklärt werden, dass bei diesem Verfahren keine extremen Grenzschichtkonzentrationen wie bei der UO an der semipermeablen Membran auftraten.

Trotz großer Weinsäureverluste bei SK und KÜZ gegenüber der unbehandelten Variante (10%), wurde dieses Ergebnis nicht bei den Kaliumkonzentrationen beobachtet. Diese blieben auf gleichem Niveau wie die Kontrollvarianten.

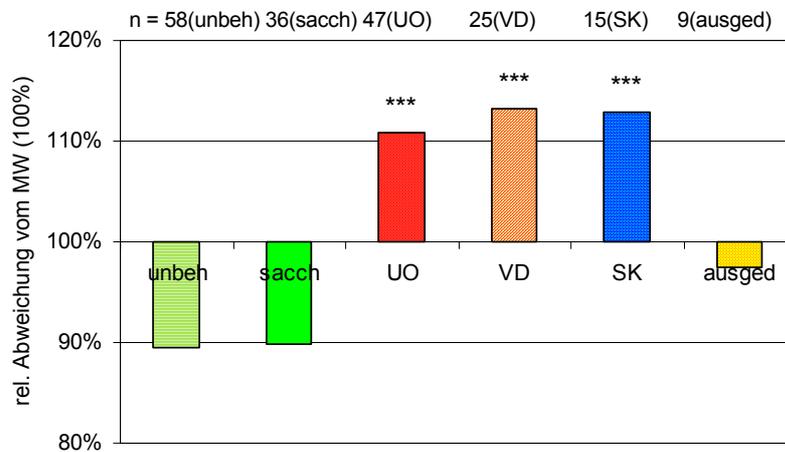


Abbildung 4.6 Technologisch bedingte Veränderungen der Magnesiumgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

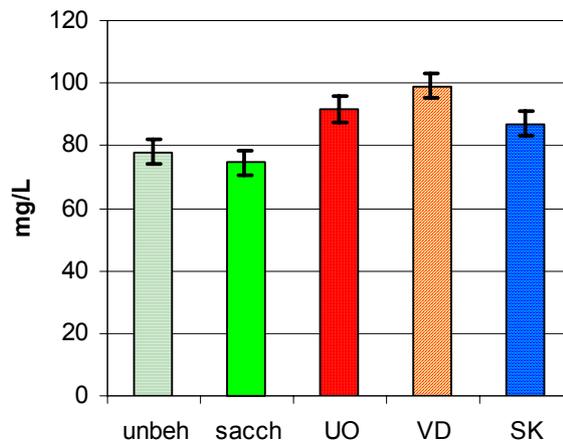


Abbildung 4.7 Technologisch bedingte Veränderungen der Magnesiumgehalte im Most; Mittelwerte von 16 Riesling-Versuchsreihen (1999-2001)

Bei den Calciumgehalten (siehe Anhang 3) und den Magnesiumgehalten (siehe Abbildung 4.6) im Most stellte man deutliche Konzentrierungseffekte durch die physikalischen Konzentrierungsverfahren fest. So wurde durch UO und VD eine Anreicherungsspanne gegenüber den Kontrollvarianten unbehandelt und saccharoseangereichert von mehr als 20% für Calcium und Magnesium ermittelt. In einem Absolutwert ausgedrückt bedeutete dies bei 16 Rieslingversuchsreihen der Jahrgänge 1999, 2000 und 2001 eine Magnesiumanreicherung der physikalisch konzentrierten Varianten gegenüber der unbehandelten Variante um 15mg/L.

Die von SK und KÜZ erzielten Effekte waren vergleichbar mit denen von UO und VD, wobei die SK-Varianten einen 5% geringeren Ca^{2+} -Anstieg verursachten als die übrigen Mostkonzentrierungsvarianten. Der Grund dafür könnte eine Calciumtartratausscheidung sein. Ca^{2+} als weiteres Gegenion zur Weinsäure bei der Weinsteinausscheidung würde auch die unerwartet geringen Kaliumverluste (siehe Kapitel 4.1.1.5) bei SK erklären.

Weinbauliche Maßnahmen, wie bei der ausgedünnten Variante zu sehen, erhöhten die Gehalte an Ca^{2+} und Mg^{2+} gegenüber den Kontrollvarianten tendenziell, aber nicht signifikant.

4.1.1.6 Farbintensitäten der Moste

Gemessen wurden Extinktionen im sichtbaren Bereich bei 420nm (Komplementärfarbe: gelb-braun), 520nm (Komplementärfarbe: rot), 620nm (Komplementärfarbe: rot-violett). Die beiden letztgenannten Extinktionen wurden nur bei Mosten für die Rotweinwebereitung gemessen. Es waren deutliche Farbveränderungen je nach angewendetem Verfahren zu beobachten. Dies war jedoch von Versuchsreihe zu Versuchsreihe (von Rebsorte zu Rebsorte) unterschiedlich. Die Braunfärbung (nicht abgebildet) bei den Weiß- und Rotmosten wurde durch die physikalische Konzentrierung und durch die Ausdünnungsmaßnahmen tendenziell gesteigert (+20%). Es gab nur bei VD signifikante Unterschiede gegenüber der unbehandelten, saccharoseangereicherten und UO-Variante. Ob dieses Verfahren den Most besonders stark beanspruchte, kann aufgrund dieses Einzelergebnisses nicht gefolgert werden.

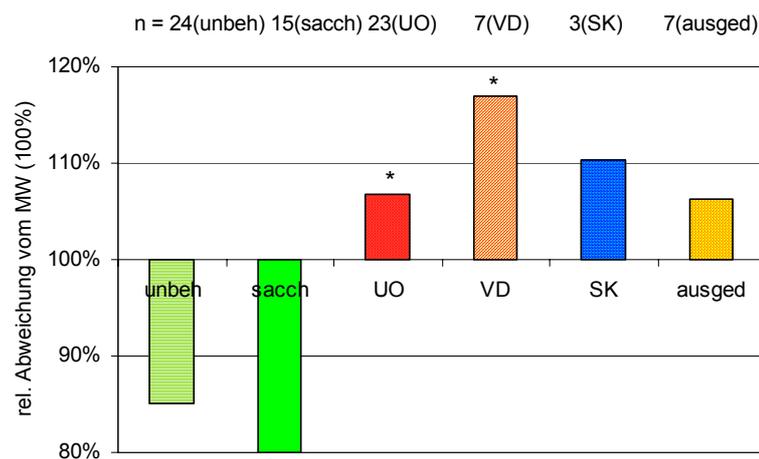


Abbildung 4.8 Technologisch bedingte Veränderungen der E_{520} -Werte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe dargestellt (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei den E_{520} (Abbildung 4.8) und E_{620} (nicht abgebildet) Werten der Moste roter Rebsorten wurde eine signifikante Farberhöhung durch UO und VD gegenüber der unbehandelten bzw. saccharoseangereicherten Kontrollvariante erreicht. Auch die übrigen Verfahren steigerten den roten und violetten Farbeindruck tendenziell, aber in der Regel nicht signifikant. Diese Anreicherung dürfte sich im Wein kaum auswirken, da es sich bei dem untersuchten Material um die anthocyanarmen Säfte (Weißherbstmoste) roter Rebsorten handelte. Erst mit einer nachfolgenden Maischegärung wird der Großteil der Farbpigmente freigesetzt.

4.1.1.7 Gesamtphenolgehalte der Moste

In Abbildung 4.9 sind die Gesamtphenolgehalte je nach angewendetem Anreicherungsverfahren für Moste von Rot- und Weißweinen dargestellt. Augenfällig ist die höchst signifikante Aufkonzentrierung der Phenole durch SK gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Das UO-Verfahren wirkte sich nicht so stark aus wie die VD, die eine 19%ige Anreicherung der Mostphenole gegenüber der unbehandelten Kontrollvariante bewirkte. Traubenausdünnung im Weinberg führte insgesamt in den hier betrachteten Versuchsmosten zu einer Phenolreduzierung.

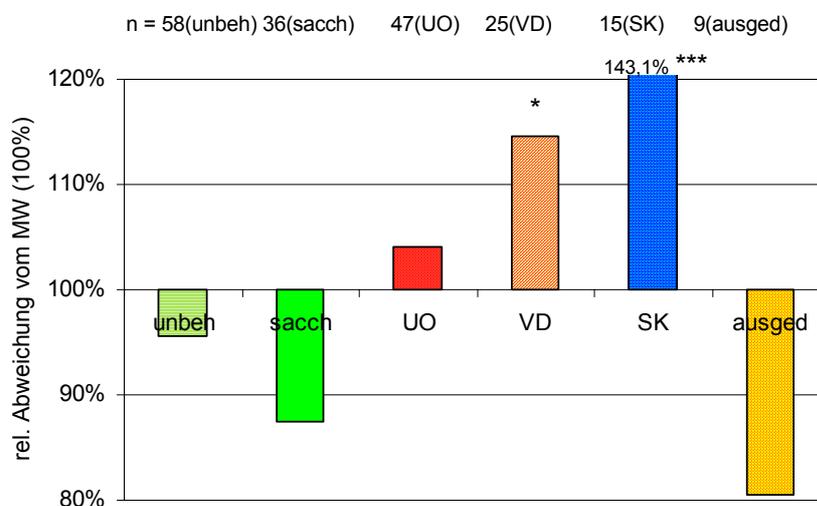


Abbildung 4.9 Technologisch bedingte Veränderungen der Gesamtphenolgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Die Anreicherung der Mostphenole durch physikalische Konzentrierungsverfahren findet sich in den Weißweinen wie auch in den maischeerhitzten Rotweinen wieder. Bei den Rotweinen nach Maischegärung sind die beobachteten Mostphenolanreicherungen größenordnungsmäßig

unbedeutend, da nach eigenen Messungen 90% der Gesamtphenolmenge der Weine aus der Maischegärung, also der ethanolischen Phenolextraktion aus Beerenschale und Kernen stammen.

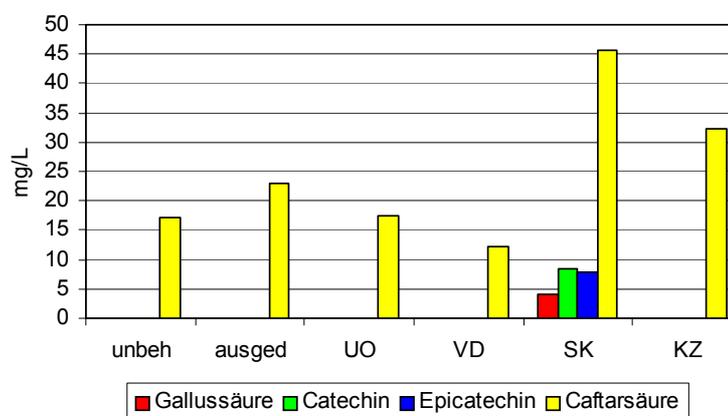


Abbildung 4.10 Phenolspektrum eines 2000er Rieslingmostes, FA Geisenheim

Die übermäßig starke Aufkonzentrierung der Mostphenole durch SK ist erklärbar, wenn man sich Abbildung 4.10 anschaut. Dargestellt ist das Phenolspektrum eines 2000er Rieslingmostes. Bei keiner der aufgelisteten Versuchsvarianten waren Kernextraktstoffe (Gallussäure, Catechin, Epicatechin) nachweisbar, außer bei SK. Zusätzlich zu den Kernen wurde auch die Beerenschale und das Beerenfleisch durch SK stärker aufgeschlossen, was sich in höheren Caftarsäurekonzentrationen bemerkbar machte. Neben der Aufkonzentrierung der Phenole durch die physikalische Mostkonzentrierung wurden bei SK bedeutende Mengen an Phenolen freigesetzt, die sich in den anderen Versuchsvarianten nicht fanden. Dieses Ergebnis bestätigte sich in den Weißweinen nach der Gärung (vgl. Kapitel 4.2.8). So war der extrem hohe Gesamtphenolgehalt von SK aus Abbildung 4.9 erklärbar. Der Grund für die Kernextraktion war die Anwendung einer Hammermühle nach Einfrieren der Trauben. Dabei wurden auch die Traubenkerne beschädigt und die bereits erwähnten phenolischen Inhaltsstoffe freigesetzt. Bei KÜZ wurden die Trauben wesentlich schonender als bei SK behandelt. Die erhöhten Caftarsäuregehalte resultierten aus der besseren Mazeration des Beerenfleisches und der Schale aufgrund der Eiskristallbildung.

4.1.1.8 Gehalte an stickstoffhaltigen Substanzen der Moste

Zur Bestimmung der stickstoffhaltigen Substanzen bediente man sich zweier Methoden:

- Die Formolzahl, bei der alle α -Amino-Stickstoffsubstanzen, Ammoniak sowie teilweise sekundäre Aminogruppen und phenolische Hydroxygruppen erfasst wurden.
- Der Fern-N-Wert, der ein enzymatischer Test auf die Aminosäure Arginin ist.

Die Formolzahl (nicht abgebildet) konnte nicht bei allen Versuchsreihen bestimmt werden, deshalb war nur der Vergleich zwischen UO, VD und der unbehandelten Kontrollvariante statistisch zulässig, da nur hierbei die Normalverteilung (siehe Kapitel 3.3.1) gewährleistet war. Die physikalisch konzentrierten Varianten lagen dabei um 15% signifikant über der Formolzahl der unbehandelten Variante.

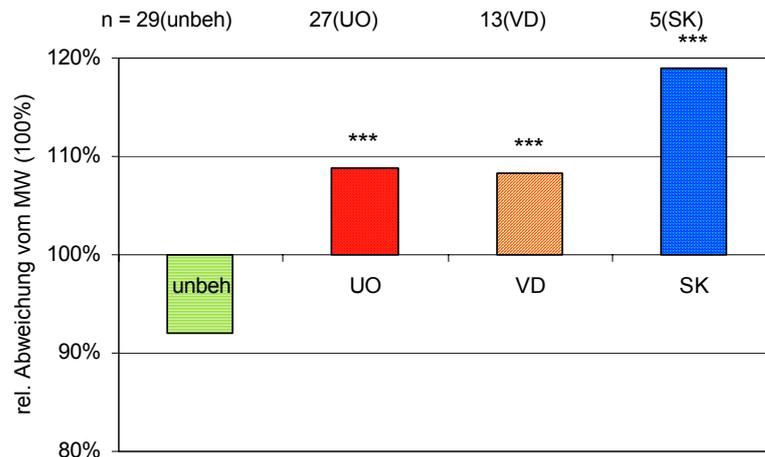


Abbildung 4.11 Technologisch bedingte Veränderungen der Ferm-N-Werte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Die saccharoseangereicherte, die ausgedünnte und die KÜZ-Variante fiel beim Ferm-N-Wert statistisch heraus, weil die Normalverteilungsannahme für die ANOVA (siehe Kapitel 3.3.1) nicht erfüllt war. UO und VD hatten signifikant um 16% höhere Werte als die unbehandelte Variante. SK übertraf unbehandelt um 27%. Wie bei Ammonium aus Kapitel 4.1.1.5 konnte somit gezeigt werden, dass physikalische Konzentrierungsverfahren die Versorgung des Mostes mit für die Gärung wichtigen stickstoffhaltigen Substanzen (Ammonium und Aminosäuren) signifikant verbesserten.

4.1.1.9 Gehalte an Glycosid-Glucose bei Mosten

Bereits im Herbst 1999 konnte in acht Versuchsreihen gezeigt werden, dass die Glycosid-Glucose-Gehalte durch Umkehrosiose- und Vakuumverdampfungskonzentrierung nicht erhöht, sondern tendenziell und beim Vergleich unbehandelt-VD signifikant gesenkt wurden (Abbildung 4.12). Lediglich nach Schrägkühler-Konzentrierung war eine deutliche, tendenzielle Anreicherung der Glycosid-Glucose (G-G) zu beobachten. In Permeat bzw. Destillat konnte in keinem Fall Glycosid-Glucose gefunden werden. Da keine Verluste während der physikalischen Mostkonzentrierung nachgewiesen werden konnten, lag die Hypothese nahe, dass Glycosidasen zusammen mit den

Glycosiden aufkonzentriert wurden. Das Schockgefrieren der Trauben für die Kryokonzentrierung könnte eine Denaturierung der Enzyme bewirkt haben, so dass bei diesem Verfahren eine Aufkonzentrierung der glycosidisch gebundenen Glucose nachweisbar war. Zusätzlich zu den Glycosiden, die bei den Vergleichsmosten vorhanden waren, könnte es durch die starke Beanspruchung des Traubenmaterials bei SK zu einer verstärkten Extraktion von glycosidisch gebundenen Phenolen gekommen sein, ähnlich wie in bei den Kernextraktstoffen Abbildung 4.10 beobachtet.

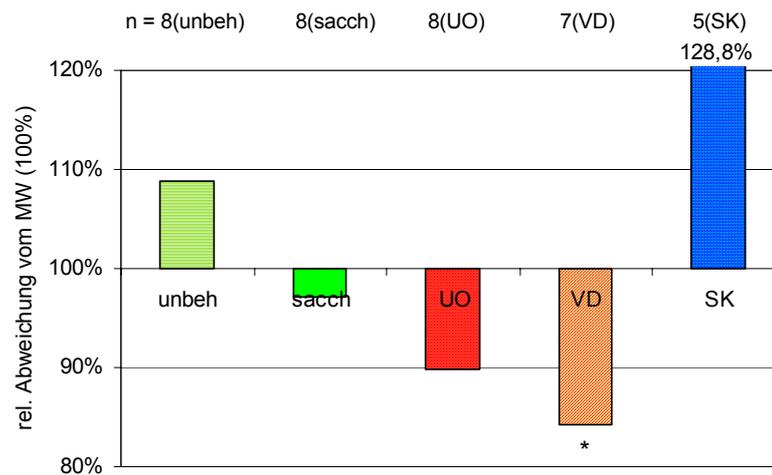


Abbildung 4.12 Technologisch bedingte Veränderungen der Glycosid-Glucosegehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe dargestellt (1999); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Zur indirekten Bestätigung des oben geschilderten Sachverhaltes wurde im Herbst 2000 ein Muskatellermost der SLFA Neustadt a.d.W. pasteurisiert, um die Enzyme zu zerstören und mittels Umkehrosmose in 2 Stufen (28 und 58%vol Wasserentzug) relativ stark aufkonzentriert, um die Effekte deutlich zu machen (Abbildung 4.13). Anschließend wurde die Glycosid-Glucose-Messung bei den pasteurisierten Varianten im Vergleich mit der unbehandelten, nicht pasteurisierten Variante durchgeführt. Es zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Glycosid-Glucose-Konzentration vom Konzentrierungsgrad des Mostes.

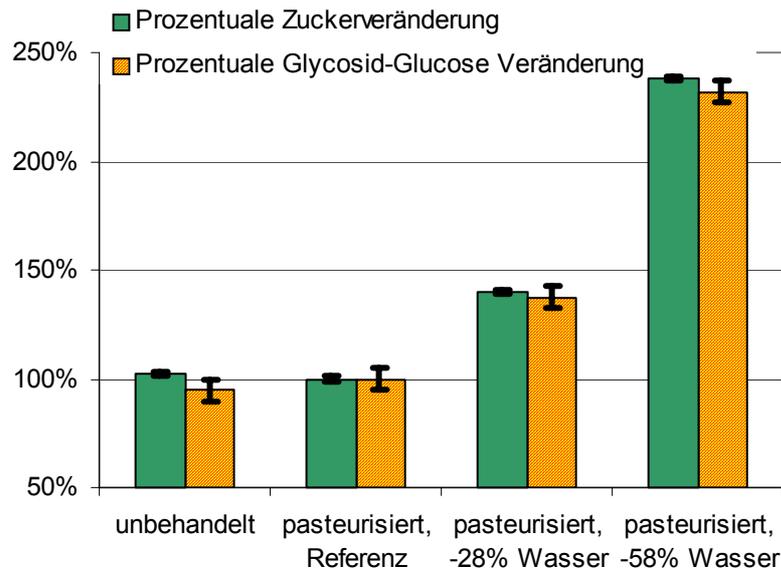


Abbildung 4.13 Prozentuale Anreicherung von Glycosid-Glucose und Mostzucker abhängig vom Wasserentzug bei einem pasteurisierten 2000er Muskatellermost; Mittelwerte von Doppel-Messungen

Die Anreicherung der G-G bei den -28 und -58% Varianten korrelierte innerhalb der Fehlertoleranzen gut mit der Zuckeranreicherung. Da die Glycoside ein relativ hohes Molekulargewicht besitzen und es keinen Verlust bei der Umkehrosmosekonzentrierung gab, entsprach dieses Ergebnis den Erwartungen.

Die Konzentration der Glycosid-Glucose im unbehandelten Most ist kaum geringer als im gleichen pasteurisierten Most. Dies ist hauptsächlich durch die Analysenfehlertoleranz zu erklären, könnte aber auch auf einen ganz langsamen Abbau der Glycoside im Most hindeuten, denn der Most stand bis zur Messung einige Tage bei 2 °C im Kühlraum. Aufgrund dieser Messungen konnte die obige Hypothese der Aufkonzentrierung der natürlicherweise im Most vorhandenen Enzyme bestätigt und somit die Nichtanreicherung der Glycoside im nicht pasteurisierten Most erklärt werden. Unmittelbar nach der Mostkonzentrierung treffen mehr Enzyme auf ein erhöhtes Angebot an Glycosiden und es stellt sich das alte Gleichgewicht zwischen Enzym und Substrat ein, was zur Senkung der Konzentration der Glycoside im Vergleich zur unbehandelten Variante führt. Dies geschieht zumindest dann, wenn die aufkonzentrierten Glycosidasen nicht durch Glucose inhibiert werden. Derartige Enzyme sind aus der Literatur bekannt [Günata, Blondeel et al. 1998]. Weiterhin gibt es Bakterien und einige Hefestämme wie zum Beispiel *Debaryomyces*, die auch auf Trauben vorkommen können und eine hohe, nicht Glucose inhibierte Glycosidaseaktivität besitzen [Guerrand 2003].

4.1.1.10 Gehalte an Terpenen bei Mosten – Vergleich Umkehrosmose und Vakuumverdampfung

Da die meisten Aromastoffe Nebenprodukte der Gärung sind, wurden im Mostbereich nur von ausgewählten Versuchsreihen flüchtige Aromen bestimmt. Der Vergleich der Anwendung von UO und VD bei aromareichen Ausgangsmosten war von besonderem Interesse. Im Jahrgang 2000 bot sich für diese Untersuchung ein blumiger Muskatellermost nach 15stündiger Maischestandzeit an. Die Mostproben wurden vor der Konzentrierung, nach 10, nach 20 und nach 30%vol Wasserentzug während beider Konzentrierungsprozesse genommen. Außerdem wurde in den gleichen Konzentrierungsstadien Permeat bzw. Destillat beprobt.

Anhand der beim Muskateller in bedeutenden Mengen vorhandenen Bukettaromen Linalool (3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol), Nerol ((Z)-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol) und Geraniol ((E)-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol) sollen die Unterschiede zwischen den beiden Konzentrierungsverfahren verdeutlicht werden.

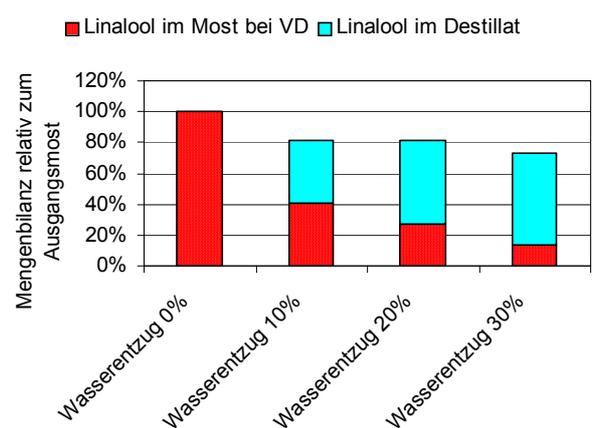
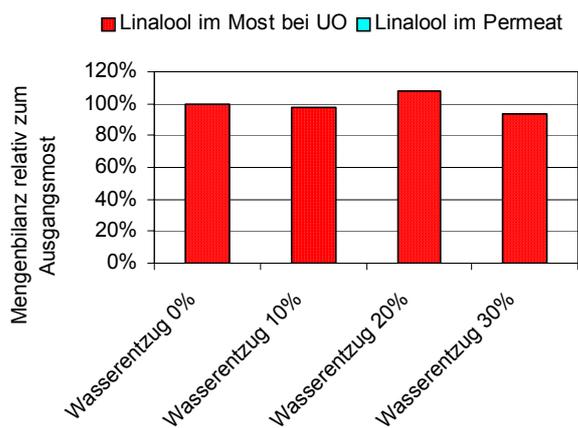


Abbildung 4.14 Mengenbilanz von Linalool bei UO für Most und Permeat (2000er Muskateller)

Abbildung 4.15 Mengenbilanz von Linalool bei VD für Most und Destillat (2000er Muskateller)

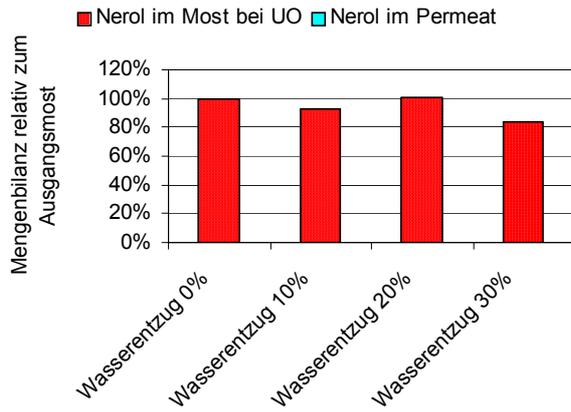


Abbildung 4.16 Mengenbilanz von Nerol bei UO für Most und Permeat (2000er Muskateller)

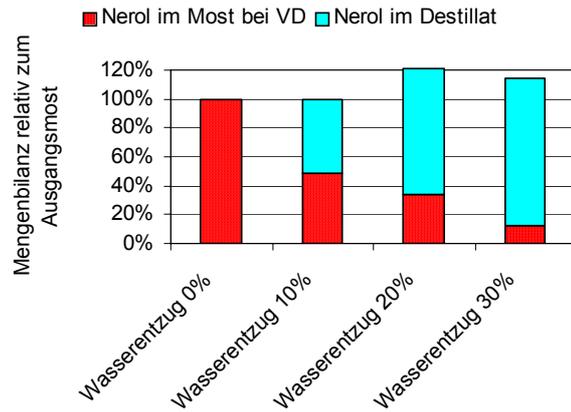


Abbildung 4.17 Mengenbilanz von Nerol bei VD für Most und Destillat (2000er Muskateller)

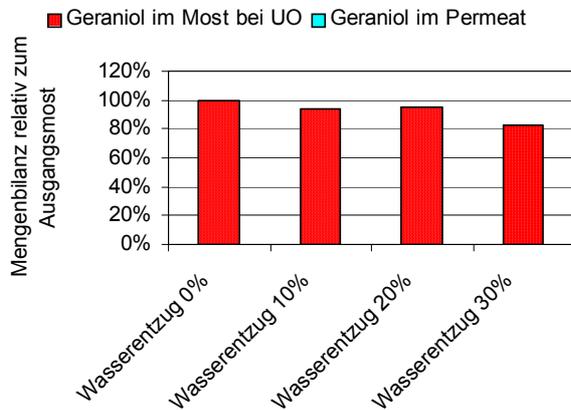


Abbildung 4.18 Mengenbilanz von Geraniol bei UO für Most und Permeat (2000er Muskateller)

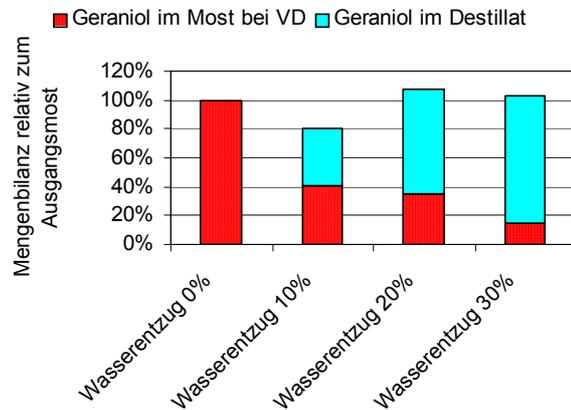


Abbildung 4.19 Mengenbilanz von Geraniol bei VD für Most und Destillat (2000er Muskateller)

In Abbildung 4.14 bis Abbildung 4.19 wurden die Mengenbilanzen der drei Terpene dargestellt. Dabei wurden die quantifizierten Mengen im Most und abgetrennten Wasser mit den jeweiligen Mengenanteilen multipliziert und die beiden Fraktionen addiert. Wenn keine Aromen aus dem geschlossenen System verloren gingen, sollte als Summe immer 100% der im Ausgangsmost vorhandenen Menge herauskommen.

Nach der Umkehrosiosebehandlung konnte kein Terpen in einer Permeatfraktion quantifiziert werden. Daraus ließ sich schließen, dass die Terpene mit Molekularmassen von 154g/Mol zu groß waren, um die semipermeable Membran zu passieren. Diese Substanzen wurden aufkonzentriert. Nachdem dem Most 30% Wasser entzogen worden war, machten sich bei den drei Terpenalkoholen Verluste von 10 bis 20% der im Ausgangsmost vorhandenen Menge bemerkbar. Dies war mit großer

Wahrscheinlichkeit das Resultat der starken Beanspruchung des Mostes, der ständig im Kreislauf gepumpt wurde und dabei eine Erwärmung von 10°C auf 27°C erfuhr. Außerdem war der Most während des ca. eine Stunde dauernden Prozesses im Ausgangsbehälter dem Luftsauerstoff ausgesetzt. Die Verluste waren Ergebnis der Verdampfung der Aromen in die Umgebung und möglicherweise auch aus oxidativen Effekten. Ein derartiger Versuch konnte unter diesen genau definierten Bedingungen nur im kleinen Maßstab (etwa 200L Ausgangsmost) erfolgen. Daher konnten diese externen Einflüsse nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund des hydrophoben Charakters und des vergleichsweise niedrigen Siedepunktes der Terpenalkohole wurden bei der Vakuumverdampfung die erwarteten Verluste ins Destillat beobachtet. Die Probenentnahme bei diesem Verfahren war sehr schwierig, da man aufgrund des komplizierteren Aufbaus der VD verglichen mit der UO und den damit verbundenen längeren Rohrleitungen die Proben nicht zu einem genau definierten Zeitpunkt entnehmen konnte. Dies erklärte die Schwankungen der Mengenbilanz über und unter die 100%-Marke. Aus Abbildung 4.15, Abbildung 4.17 und Abbildung 4.19 ließen sich dennoch wichtige Erkenntnisse ziehen. So waren bereits nach 10% Wasserentzug 60% der Terpene Linalool, Nerol und Geraniol ins Destillat übergegangen und somit für den Most verloren. Am Ende dieser Versuchskonzentrierung mit 30% Wasserentzug waren nur noch gut 10% der freien Terpene im Most vorhanden. Aus diesem Ergebnis konnte gefolgert werden, dass sich die VD für die physikalische Konzentrierung von Mosten mit bedeutenden Mengen an freien Aromastoffen nicht eignet.

4.1.2 Analyseergebnisse der bei der Mostkonzentrierung anfallenden Wässer (Permeat, Destillat, Eiswasser)

Der Sinn der Mostkonzentrierung mittels physikalischer Verfahren ist die Entfernung von Wasser aus dem Most und damit die Aufkonzentrierung der übrigen Mostinhaltsstoffe. Aus der Zusammensetzung der Wässer kann man Rückschlüsse darauf ziehen, wie effizient das angewendete Konzentrierungsverfahren ist. Im Folgenden werden die nicht flüchtigen Inhaltsstoffe von Permeat (UO), Destillat (VD) und Eiswasser (SK) mit dem unbehandelten Most verglichen. In Abbildung 4.20 sind die Mittelwerte der Konzentrationen nicht flüchtiger Inhaltsstoffe der Versuchsreihen aus 1999 und 2000 dargestellt, bei denen alle drei physikalischen Konzentrierungsverfahren parallel durchgeführt worden waren (n=7).

Es wurde festgestellt, dass die Destillate nach Vakuumkonzentrierung die geringsten Inhaltsstoffkonzentrationen zeigten, dicht gefolgt von den Permeaten nach Umkehrosiosebehandlung. Diese Wässer waren farblos und klar, was auch die E_{420} -Werte bewiesen. Farbeinträge bei der Rotmostkonzentrierung waren lediglich bei Undichtigkeiten der UO-Anlage zu beobachten, was selten

vorkam und durch Auswechseln einer Dichtung behoben werden konnte. Die Permeate und die Destillate rochen meist noch mostig. Besonders auffällig war dies beim Destillat des 2000er Muskatellermostes. Hier wurde bereits durch den „blumigen“ Geruch deutlich, dass ein großer Verlust von Terpenen ins Destillat stattgefunden hatte. Bei den nicht flüchtigen Hauptinhaltsstoffen waren die Verluste ins Permeat und Destillat zu vernachlässigen. Die geringe Menge an Inhaltsstoffen manifestierte sich in dem deutlich höheren pH-Wert der Wässer. Die Permeate hatten einen pH von 4, die Destillate von nahezu 6. Die Konzentrationen an nicht flüchtigen Inhaltsstoffen in diesen Wässern betrug maximal 2,5% der Konzentration im unbehandelten Most. Berücksichtigt man den vom Most entzogenen Wasseranteil von 15%vol, so ergaben sich absolute Verluste von 0,4% der insgesamt im Most vorhandenen Hauptinhaltsstoffe. Das bedeutet, dass 99,6% der meisten nicht flüchtigen Inhaltsstoffe im Konzentrat verblieben. Ausnahmen bilden Kalium und Weinsäure, die wegen der Überschreitung des Löslichkeitsproduktes in stärkerem Maße als 0,4% dem Most verloren gingen.

Ganz andere Beobachtungen wurden bei den Eiswässern der Schrägkühler-Konzentrierung gemacht. Die Zuckerkonzentrationen lagen bei 20%, die Konzentrationen der Kationen und organischen Säuren, außer der Weinsäure, lagen bei 60-70% der im unbehandelten Most vorhandenen Mengen. Demnach waren die Säuren verstärkt in der gefrorenen Fraktion, die Zucker in der flüssigen Phase zu finden.

Die Farbe des Eiswassers war bei der Analyse deutlich brauner als der Most selbst, was die E_{420} -Werte belegen. Die Phenolgehalte lagen um durchschnittlich 33% über denen des Ausgangsmostes. Bei der braunen Farbe spielen Oxidationsvorgänge eine Rolle. Die hohen Phenolgehalte deuten auf einen Aufschluss der Traubenkerne hin. Zum einen wurden durch die Eiskristallbildung die Kernhüllen beschädigt und nach dem Auftauen gingen phenolische Kerninhaltsstoffe in das Eiswasser über. Zum anderen waren, wie in Kapitel 4.1.1.7 dargestellt, die Kerne durch die Mahlung der gefrorenen Trauben beschädigt worden. Daher wiesen die SK-Varianten und somit auch die Eiswässer deutlich höhere Kernextrakt-Gehalte auf als die unbehandelten Varianten.

Es sollte berücksichtigt werden, dass die Probenahme Schwierigkeiten bereitete, da das Eis bzw. Wasser nach der Kelterung aus der Presse entnommen werden musste. Dabei waren Verschleppungen von Traubenmost und Beerenbestandteilen nicht zu vermeiden.

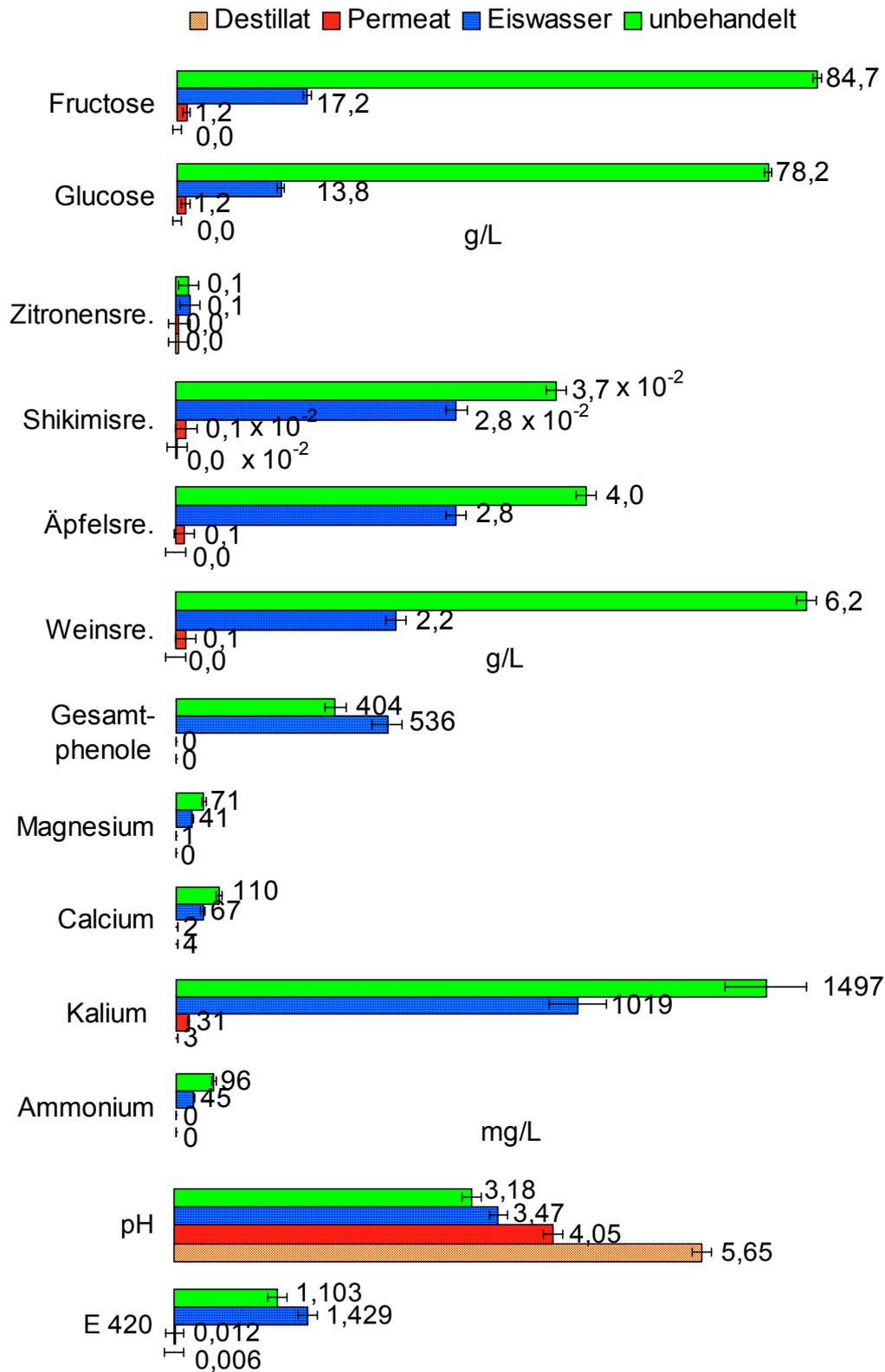


Abbildung 4.20 Nicht flüchtige Inhaltsstoffe der bei der Mostkonzentrierung anfallenden Wässer im Vergleich mit dem unbehandelten Most; Mittelwerte aus n=7 Versuchsreihen (1999-2001)

4.2 Auswirkungen der Mostkonzentrierung auf die Gehalte nicht flüchtiger Inhaltsstoffe im Wein

Wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben, wurde für die statistische Auswertung aus jeder Variablen der Mittelwert jeder Versuchsreihe gebildet. Jede Variante wurde durch diesen Mittelwert geteilt, um relative Abweichungen zu erhalten. Diese relativen Abweichungen waren normalverteilt und für den LSD-Test einsetzbar.

4.2.1 Gehalte titrierbarer Säure und pH-Werte der Weine

Die pH-Werte (siehe Anhang 3) zwischen den einzelnen Varianten einer Versuchsreihe unterschieden sich nur wenig (ca. 0,1 pH-Einheiten). Dennoch konnten einige Signifikanzen entdeckt werden. So lagen die Werte bei Weinen nach UO- bzw. VD-Konzentrierung der Moste sowie bei den spät gelesenen (SL) Varianten signifikant höher als bei den unbehandelten und den sacharoseangereicherten Kontrollvarianten, aber auch signifikant höher als bei SK und bei Ausdünnung im Weinberg.

Die Säuregehalte lagen nach physikalischer Konzentrierung höher als ohne. Die spät gelesene Variante brachte erwartungsgemäß signifikant niedrigere Säurewerte (11% unter Mittelwert). SK zeigte trotz stärkeren Weinsteinausfalls im Mostbereich hohe Werte bei der titrierbaren Säure im Wein. Diese Versuchsvarianten hatten im Rotweimbereich häufig keinen BSA durchlaufen, was die Säureerhöhung im Vergleich zu den übrigen Versuchsvarianten erklärt, da die bifunktionale Äpfelsäure stärker zur titrierbaren Säure beitrug als die monofunktionale Milchsäure. Das sollte an dieser Stelle nicht zu Fehlinterpretationen führen. Deshalb sei auf Kapitel 4.2.2 hingewiesen, in dem die organischen Säuren im Einzelnen betrachtet und die Milchsäure in Äpfelsäure umgerechnet wurde.

Es bleibt festzuhalten, dass trotz höherer Säuregehalte durch physikalische Konzentrierung die H^+ -Ionenkonzentration leicht reduziert, also besser gepuffert wurde.

4.2.2 Gehalte organischer Säuren der Weine

Bei der Weinsäure gab es keine Unterschiede zwischen UO, VD und Saccharoseanreicherung (siehe Abbildung 4.21). Allerdings zeigte die unbehandelte Variante, bei der keinerlei Anreicherung stattgefunden hatte, signifikant ($p < 0,001$) höhere Gehalte als alle anderen Varianten. Der Mittelwert dieser Varianten lag um 7,4% höher als der Mittelwert der jeweiligen Versuchsreihe. Dies war durch den niedrigeren Alkoholgehalt gegenüber den anderen Versuchsvarianten bedingt, wodurch die

Tendenz zum Ausscheiden von Weinstein (Kaliumhydrogentartrat und Calciumtartrat) geringer war [Würdig, Woller 1989].

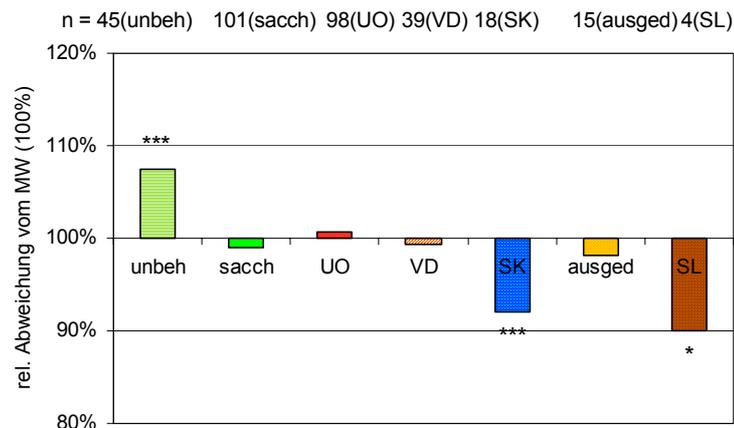


Abbildung 4.21 Technologisch bedingte Veränderungen der Weinsäuregehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Weitere signifikante Unterschiede waren bei den SK-Varianten zu erkennen. Sie lagen um durchschnittlich 8% unter dem Mittelwert der Versuchsvarianten und damit signifikant niedriger als die unbehandelten bzw. saccharoseangereicherten Kontrollvarianten sowie UO und VD. Durch das Gefrieren der Trauben mit flüssigem Stickstoff kristallisierte bereits Weinstein aus. Dies führte zuerst im Most (Abbildung 4.2), nach Abpressen und Vergärung auch im Wein zu niedrigeren Konzentrationen an Weinsäure.

Auch ein späterer Lesetermin, als alternative Anreicherungsverfahren im Weinberg, zeichnete sich durch signifikant niedrigere Weinsäuregehalte aus (10,1% unter Mittelwert) als die traditionellen und physikalischen Anreicherungsverfahren nach früherer Lese.

Zwischen saccharoseangereicherter Variante und UO, VD bestanden keine signifikanten Unterschiede, die Weinsäure wurde also nicht durch die physikalischen Konzentrierungsverfahren angereichert, da sie bereits während des Prozesses als Weinstein ausfiel.

Da bei den Rotweinen in der Regel ein biologischer Säureabbau vorgenommen wurde und somit keine Äpfelsäure mehr vorlag, wurden die Milchsäuregehalte zu der Äpfelsäure hinzuaddiert, unter Berücksichtigung der verschiedenen Molekulargewichte. Dies führte zur besseren Vergleichbarkeit von Rot- und Weißweinen. Die Effekte, die für Äpfelsäure gefunden wurden, gelten auch für Milchsäure.

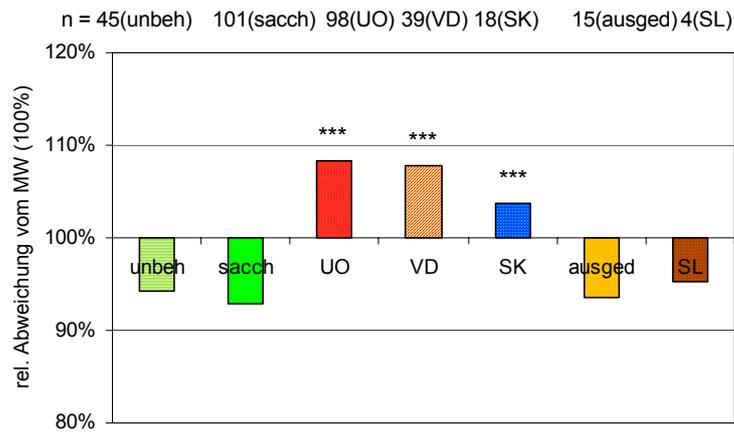


Abbildung 4.22 Technologisch bedingte Veränderungen der Äpfelsäuregehalte und der in Äpfelsäure umgerechneten Milchsäure im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Im Gegensatz zur Weinsäure fanden sich bei der Äpfelsäure eindeutige Konzentrierungseffekte (siehe Abbildung 4.22). Die Weine nach UO, VD, SK hatten signifikant höhere Gehalte als die Kontrollvarianten (unbeh, sacch) sowie die ausgedünnten und spät gelesenen Varianten. Die Erhöhung der Äpfelsäure bzw. Milchsäure durch die physikalische Mostkonzentrierung hatte den größten Anteil aller organischen Säuren an der Erhöhung der titrierbaren Säure und somit auch auf das sensorische Säureempfinden, das später noch näher betrachtet wird.

Parallel zur Äpfelsäure wurde auch die Shikimisäure (siehe Anhang 3) während der Mostkonzentrierung angereichert. Alle physikalisch konzentrierten Varianten übertrafen höchst signifikant die Kontrollvarianten (unbeh, sacch). Mit fortdauernder Traubenreife ging die Shikimisäurekonzentration zurück, so dass sich die spät gelesene Variante (32,7% unter Mittelwert) signifikant von allen anderen Varianten unterschied.

Bei den Essigsäurekonzentrationen (siehe Anhang 3) konnten signifikante Unterschiede zwischen der unbehandelten und der saccharoseangereicherten Variante (35,8% bzw. 4,6% unter Mittelwert) im Vergleich zu UO, VD (12,1% bzw. 22,4% über dem Mittelwert) beobachtet werden. Daraus folgt, dass die Weine, nach Konzentrierung mit den beiden letztgenannten Verfahren, stärker zur Bildung von flüchtiger Säure neigten. Ähnliches wurde bereits im Jahrgang 1998 festgestellt [Clos 1999], wobei dabei zum Teil massive Gärstörungen auftraten, die 1999 bis 2001 nicht mehr beobachtet wurden. Dieser Befund ist zwar analytisch signifikant, sensorisch wirkte er sich allerdings nicht aus, da es in allen Verkostungen keine Beschwerden über verstärkte Bildung von flüchtiger Säure gab. Bedenklich ist, dass in einer Arbeit [Duitschaever, Alba et al. 1991] festgestellt wurde, dass mit steigendem

Mostkonzentrierungsgrad auch die flüchtige Säure linear ansteigt. In den vom Gesetzgeber festgelegten Konzentrierungsgrenzen scheint sich dies jedoch sensorisch nicht auszuwirken.

Für die Zitronensäure (nicht abgebildet) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten entdeckt werden.

4.2.3 Gehalte von Alkoholen und Zuckern der Weine

Die unbehandelte Variante lag mit ihren Glycerin- und Ethanol-Gehalten (siehe Anhang 3) signifikant unter allen anderen Varianten. Dies war auf den geringeren Zuckergehalt im Most zurückzuführen, der bei dieser Variante nicht angereichert wurde. Daher ergaben sich nach Einwirken der Hefen geringere Konzentrationen an Gärungsnebenprodukten wie Glycerin und Ethanol.

Die signifikant höheren Glyceringehalte bei VD gegenüber saccharoseangereicherter Variante, UO und Saftentzug bei Rotweinausbeugung (SA) waren nicht zu erklären.

Beim Ethanolgehalt gab es Unterschiede zwischen den Varianten bis 0,5%vol mit folgender Abstufung: SK > Saccharoseanreicherung = Ausdünnung im Weinberg > UO = VD.

Dies ist auf unvermeidliche Varianzen bei der Mostanreicherung zurückzuführen. Die Überprüfung des Konzentrierungsziels bei der physikalischen Mostkonzentrierung wurde mit dem Hand-Refraktometer durchgeführt. Nicht nur die Erhöhung der Zuckerkonzentrationen trug zur Änderung des Brechungsindex bei, sondern auch die Erhöhung sämtlicher anderer nicht flüchtiger Komponenten und zwar von Rebsorte zu Rebsorte unterschiedlich. Daher führte die Anreicherung der nicht physikalisch konzentrierten Varianten mit Saccharose, bei Einstellung auf den gleichen °Oe-Betrag, zu höheren Zuckergehalten im Most verglichen mit UO und VD. Die SK-Variante war ebenfalls problematisch auf den gleichen Zuckergehalt der Vergleichsvarianten einzustellen, weil dazu, nach Einfrieren und Zermahlen der Trauben, das auf der Presse ablaufende Konzentrat mit unbehandeltem Most verschnitten werden musste. Als Konsequenz unterschiedlicher Ethanolgehalte der Versuchsvarianten musste vor der Verkostung der Weine eine Alkoholangleichung vorgenommen werden, um sensorische Einflüsse des unterschiedlichen Alkoholgehaltes auszuschließen.

Alle Weine wurden möglichst „trocken“ vergoren. Dies gelang bei den Rotweinen immer, bei den Weißweinen kam es in seltenen Fällen vor, dass aufgrund niedrigerer Gärtemperatur einige Varianten mit geringen Restzuckergehalten (ca. 8g/L) verblieben. Daraus resultieren statistisch nachweisbare Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten beim Restzuckergehalt. UO, VD, SK und Ausdünnung im Weinberg hatten signifikant höhere Zuckerkonzentrationen (siehe Anhang 3) als die

Kontrollvarianten (unbeh, sacch). Dies deutet auf eine weniger gute Vergärung hin, trotz besserer Stickstoffversorgung.

In den Fällen der ungleichmäßigen Vergärung wurden für die sensorische Beurteilung, nach Verschnitt der Gärwiederholungen und vor der Abfüllung, die Alkoholgehalte mit Ethanol und die Zuckergehalte mit Fructose auf ein gleiches Niveau eingestellt.

4.2.4 Relative Dichte und Extraktgehalte der Weine

Der Gesamtextrakt der Weine errechnete sich über den vorhandenen Alkoholgehalt und die relative Dichte. Nach Abzug des Restzuckergehaltes erhielt man den zuckerfreien Extrakt, nach weiterem Abzug der titrierbaren Säure erhielt man den Restextrakt. Da auf die Zucker- und Säuregehalte schon eingegangen wurde, war der Restextrakt die aussagefähigste Extraktspesies.

Die relative Dichte (nicht abgebildet) wurde durch die Mostkonzentrierung erwartungsgemäß beeinflusst: Die unbehandelten Varianten hatten aufgrund ihres niedrigeren Alkoholgehaltes die signifikant höchste Dichte aller Varianten, während die Saccharose-Varianten die signifikant niedrigsten Dichtegehalte aufwiesen. UO und VD zeigten signifikant höhere relative Dichtewerte als SK, Ausdünnung im Weinberg und SA.

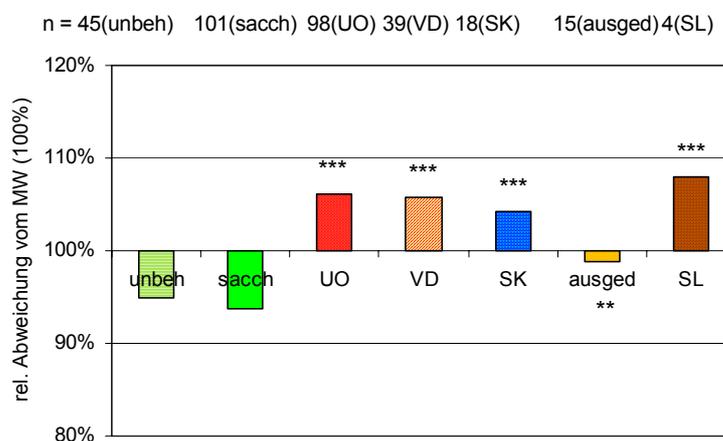


Abbildung 4.23 Technologisch bedingte Veränderungen der Restextraktgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Daraus ergaben sich folgende Ergebnisse für den Restextrakt (siehe Abbildung 4.23):

Die unbehandelten und die saccharoseangereicherten Varianten lagen signifikant unter UO, VD und SK (zwischen 9,4 und 12% niedriger). Sie lagen signifikant unter den ausgedünnten Varianten (ca. 4%)

und unter der späten Lese (ca. 14%). Die späte Traubenlese und UO, VD bzw. SK unterschieden sich untereinander nicht signifikant und lagen im Restextraktgehalt alle signifikant über der ausgedünnten Variante. Somit hatten bei der Extraktausbeute alle kellerwirtschaftlichen sowie alle weinbaulichen, qualitätssteigernden Maßnahmen gegenüber den Kontrollvarianten zum Erfolg geführt.

4.2.5 Gehalte an Kationen der Weine

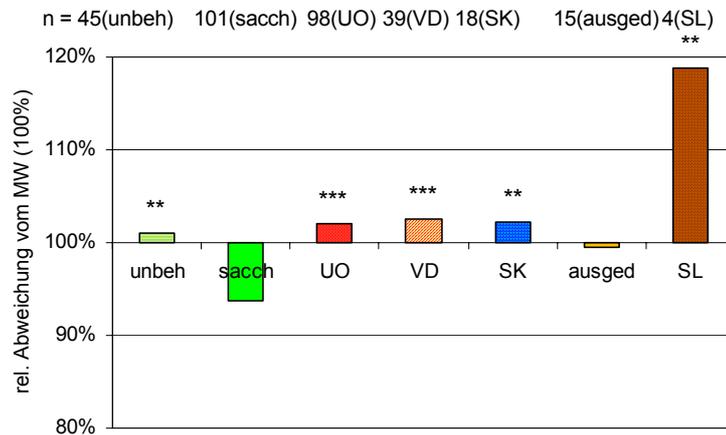


Abbildung 4.24 Technologisch bedingte Veränderungen der Kaliumgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Die Einflüsse der Mostkonzentrierung auf die Weinsäuregehalte (siehe Kapitel 4.2.2) sind auch für Kalium zu erwarten gewesen, da Kalium beim Weinsteinausfall das Gegenion zur Weinsäure bildet. Dies war allerdings nicht in gleichem Maße der Fall (siehe Abbildung 4.24), denn die Kaliumkonzentrationen von UO, VD und SK (ca. 2% über dem Mittelwert) lagen signifikant höher als bei Saccharoseanreicherung (6,2% unter dem Mittelwert). Bei der spät gelesenen Variante lagen sie signifikant höher als bei allen anderen Varianten (18,8% über dem Mittelwert). Am Weinsteinausfall war demnach nicht nur Kalium als Kation beteiligt, sondern auch Calcium. Deshalb wurde Kalium durch die physikalischen Konzentrierungsverfahren in geringem Maße angereichert. Durch die längere Vegetationszeit bei spätem Lesetermin und der dadurch bedingten verstärkten K^+ -Einlagerung in die Trauben sowie Wasserverlusten steigerte sich die Kaliumkonzentration. Die Weinsäure in diesen Beeren wurde verstärkt abgebaut.

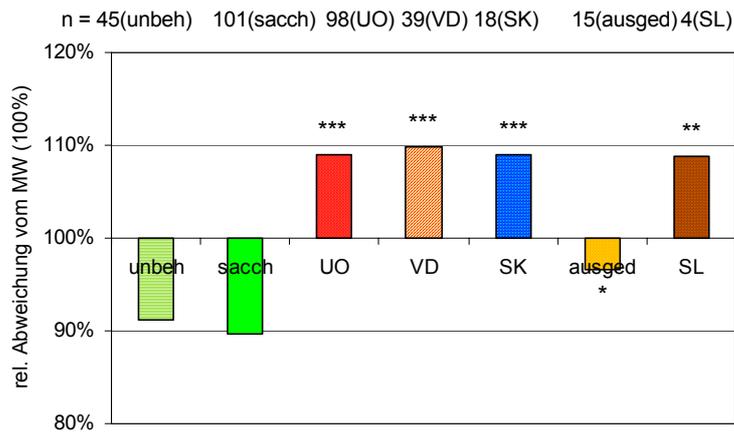


Abbildung 4.25 Technologisch bedingte Veränderungen der Magnesiumgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei Calcium und Magnesium beobachtete man vergleichbare Effekte (siehe Anhang 3 und Abbildung 4.25). Die saccharoseangereicherte Variante hatte die niedrigsten Konzentrationen und blieb somit, wie schon in den Mosten (vgl. Abbildung 4.6) nachgewiesen wurde, signifikant unter der unbehandelten Variante, UO, VD, SK, Ausdünnung im Weinberg und späte Lese. Auch die unbehandelte Variante lag signifikant unter den konzentrierten Varianten. Die Anreicherungsstufen lagen meist bei Magnesium etwas höher als bei Calcium, was für einen Calciumtartratausfall spricht. Die durchschnittlichen prozentualen Unterschiede waren bei: Saccharoseanreicherung-UO = 19,4% (Magnesium) und 19,7% (Calcium), Saccharoseanreicherung-VD = 20,3% (Magnesium) und 16,8% (Calcium), Saccharoseanreicherung-SK = 19,3% (Magnesium) und 16,3% (Calcium). Eine Ausnahmestellung nahmen die spät gelesenen Varianten ein. Sie lagen um 18,9% (Calcium) und um 8,8% (Magnesium) über dem Mittelwert der jeweiligen Versuchsreihe. Man sah eine deutliche Anreicherung von Ca^{2+} und K^+ , aber weniger von Mg^{2+} .

4.2.6 Farbintensitäten der Weine

Gemessen wurden Extinktionen im sichtbaren Bereich bei 420nm (Komplementärfarbe: gelb-braun), 520nm (Komplementärfarbe: rot), 620nm (Komplementärfarbe: rot-violett). Die beiden letztgenannten Extinktionen wurden nur bei Rotweinen gemessen. Bei dieser Betrachtung zeigten die SK-Varianten durchschnittlich die signifikant schlechteste Farbausprägung (nicht abgebildet), da die Rotweine nach SK-Behandlung sehr farbarm waren. Schuld daran waren technische Schwierigkeiten bei der Durchführung der Konzentrierung. Das Tiefgefrieren der Trauben sollte durch Eiskristallbildung in den Zellen bereits einen Aufschluss der Kerne und Beerenschalen und somit eine

Extraktion der Farb- und Gerbstoffe bewirken. Dies war zur Erzeugung von Rotweinen völlig unzulänglich.

Betrachtete man nur die Weißweinversuchsreihen, zeigten die SK-Varianten die höchste Braunfärbung. Die E_{420} -Werte lagen bei SK signifikant höher als bei der unbehandelten und bei der saccharoseangereicherten Variante. Eine Tendenz zur Hochfarbigkeit war somit gegeben (Abbildung 4.26). Dies wurde mit großer Wahrscheinlichkeit durch die höheren Flavanol-Gehalte (vgl. Kapitel 4.1.1.7 und 4.2.8) im Weißwein verursacht, die durch Peroxidbildung eine Oxidation katalysieren [Schneider 2002].

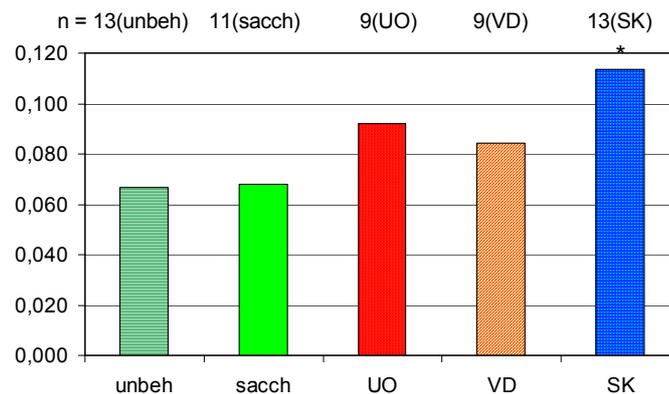


Abbildung 4.26 Technologisch bedingte Veränderungen der Braunfärbung (E_{420}) der Weißweine (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Ebenso war bei den Weißweinen eine leicht intensivere Farbe von UO und VD gegenüber der unbehandelten und der saccharoseangereicherten Variante zu erkennen, allerdings nicht signifikant (Abbildung 4.26). Von der Farbdifferenz der Varianten nicht ganz so deutliche, aber auch signifikante Unterschiede fand man beim Vergleich Ausdünnung im Weinberg gegenüber den Kontrollvarianten (unbeh, sacch).

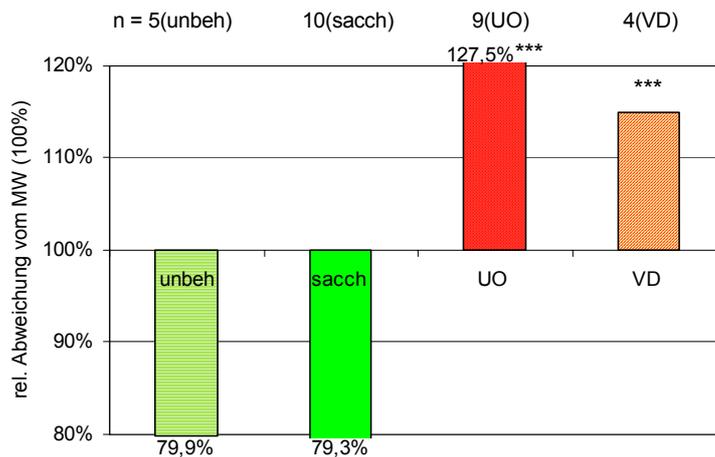


Abbildung 4.27 Technologisch bedingte Veränderungen der E_{520} -Werte im Rotwein nach ME relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

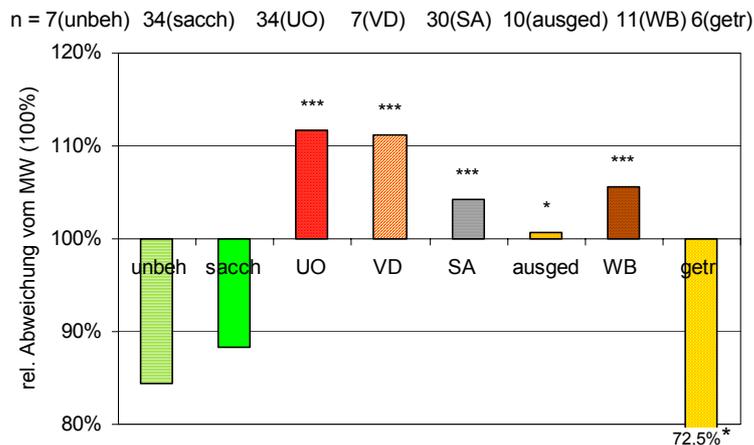


Abbildung 4.28 Technologisch bedingte Veränderungen der E_{520} -Werte im Rotwein nach MG relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Beim Vergleich der E_{520} -Werte maischeerhitzter Rotweine war eine signifikant stärkere Farbentwicklung nach Mostkonzentrierung im Vergleich zur Saccharoseanreicherung festzustellen (Abbildung 4.27).

Betrachtete man die maischevergorenen Rotweine für sich (Abbildung 4.28), zeigten die kellerwirtschaftlichen Maßnahmen (UO, VD, SA) signifikante Erhöhungen der roten Farbausprägung. Die Mostkonzentrierungsvarianten waren am intensivsten gefärbt. Wahrscheinlich aufgrund der schwächeren Copigmentierung (vgl. Abbildung 4.33) zeigte SA eine um 7% geringere Extinktion bei 520nm als UO und VD. Auch Ausdünnung im Weinberg (ausged) und die übrigen weinbaulichen Maßnahmen (WB) zeigten bei den maischevergorenen Rotweinen signifikante Farberhöhungen gegenüber den Kontrollvarianten. Ganz schlecht schnitten die Varianten nach Traubentrocknung

(getr) ab. Diese lagen durchschnittlich in der Farbintensität um 15% signifikant niedriger als die Saccharoseanreicherung.

4.2.7 Gesamtphenolgehalte der Weine

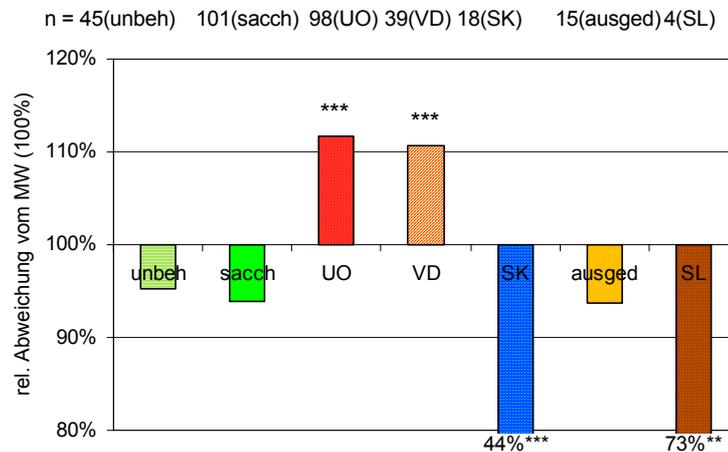


Abbildung 4.29 Technologisch bedingte Veränderungen der Gesamtphenolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Die Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes war ein guter Vortest für die Auswirkungen der verschiedenen Mostkonzentrierungstechniken auf phenolische Inhaltsstoffe. Bei den Rotweinen wurde im Einzelnen noch der Boulton-Assay und die Phenolanalytik mittels HPLC-DAD durchgeführt (siehe Kapitel 4.3), die eine Bestätigung dieses Testes waren. Es konnten höchst signifikante Unterschiede zwischen UO, VD (11,6 bzw. 10,6% über dem Mittelwert) und den Kontrollvarianten (unbehandelt 4,8 bzw. saccharoseangereichert 6,1% unter dem Mittelwert) festgestellt werden (Abbildung 4.29). Die SK-Variante konnte beim Gesamtphenolgehalt nicht mithalten, da bei den Rotweinvarianten, im Gegensatz zum Weißwein, aus den bereits genannten Gründen (siehe Kapitel 4.2.6) zu wenig Phenole extrahiert werden konnten. Die Konzentrationen der im Weinberg ausgedünnten Varianten lagen im gleichen Bereich wie die Kontrollvarianten und somit ebenfalls deutlich niedriger als UO, VD. Auch die SA-Varianten bei den Maischegärungsversuchen der Rotweine zeigten signifikante Anreicherungen gegenüber den unbehandelten und den saccharoseangereicherten Varianten (5,4% über dem Mittelwert, nicht abgebildet). Damit konnte bewiesen werden, dass bereits ein Saftentzug der Rotweinmaische von ca. 15%vol deutliche Anreicherungen der Phenolgehalte im Wein mit sich bringt. Diese Effekte traten auch nach Mostkonzentrierung auf, weil hierbei ebenfalls die Flüssigkeitsmenge auf der Maische reduziert wurde. In Kapitel 5.2.1 wird darauf genauer eingegangen.

Ähnliche Ergebnisse wie beim Gesamtphenolgehalt wurden bei der Bestimmung der SO₂-Abbindung erhalten (Differenz aus gesamtem SO₂-Gehalt und freiem SO₂-Gehalt [mg/L], nicht abgebildet). Signifikante Unterschiede ergaben sich dabei zwischen UO, VD und SK gegenüber den Kontrollvarianten, wobei die physikalisch konzentrierten Varianten mehr Schwefel abgebunden hatten als die anderen (zwischen 10 und 20% mehr). Es wird deutlich, dass die konzentrierten Varianten deutlich mehr SO₂-Bindungspartner (z.B. Phenole, Anthocyane) zur Verfügung stellen als die nicht konzentrierten Varianten.

4.2.8 Phenolgehalte (Phenolspektrum) bei Weißweinen

Bei Weißweinen war die Aufnahme eines Phenolspektrums in der Regel nicht sinnvoll, da die meisten Stoffe wie Kernextrakte und Anthocyane erwartungsgemäß unter der Nachweisgrenze lagen. Eine Ausnahme gab es allerdings bei der Kryokonzentrierung mittels Schrägkühler. Hierbei sollte der bereits in Kapitel 4.1.1.7 für Most erhaltene Befund auch für die fertigen Weine verifiziert werden. Wie in Tabelle 4.1 anhand von zwei Versuchreihen gezeigt wurde, lagen die Kernextraktgehalte bei der SK-Variante im quantifizierbaren Bereich. Bei den Vergleichsvarianten unbehandelt bzw. Vakuumdestillation konnten Gallussäure, Catechin oder Epicatechin nicht nachgewiesen werden.

Die Shikimisäurekonzentration wurde durch VD gegenüber der unbehandelten Variante um 20% und die Caftarsäurekonzentration wurde gar nicht angereichert. SK verursachte gegenüber der unbehandelten Variante bei beiden Verbindungen um 100% höhere Gehalte.

Der Anstieg der genannten phenolischen Inhaltsstoffe bei den beiden Weißweinversuchsreihen zeigte sich auch in den mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz gemessenen Gesamtphenolgehalten. Hierbei wurden durch die Schrägkühlerbehandlung Anreicherungsstufen von 50-100% gegenüber der unbehandelten Kontrollvariante erreicht.

Der Grund dafür war die Mahlung der Trauben nach dem Einfrieren. Es wurden Kerne zerstört und dementsprechend Kernextraktstoffe freigesetzt. Außerdem wurde das Beerenfleisch stärker aufgeschlossen und extrahiert, was die, auch im Vergleich mit anderen physikalischen Konzentrierungsverfahren, höheren Shikimisäure- und Caftarsäurewerte erklärte. Die Vergrößerung des Mahlspaltes von 1mm auf 2,3mm reduzierte die Kernextrakte unwesentlich, führte aber zu einer noch stärkeren Extraktion der Caftarsäure und der insgesamt vorhandenen Phenole (Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1 Phenolfreisetzung bei Weißweinen – Vergleich unterschiedlicher Verfahren

Nr.	Rebsorte: Riesling		Shikimisäure [mg/L]	Gallussäure [mg/L]	Catechin [mg/L]	Epicatechin [mg/L]	Caftarsäure [mg/L]	Gesamt- phenole [mg/L]
00941	Mosel-Saar- Ruwer	unbehandelt	44	n.n.	n.n.	n.n.	23	256
00944	Mosel-Saar- Ruwer	Vakuumdestillation	57	n.n.	n.n.	n.n.	20	288
00945	Mosel-Saar- Ruwer	Schräggkühler	66	5	10	11	40	357
00962	Rheingau	unbehandelt	65	n.n.	n.n.	n.n.	15	264
00964	Rheingau	Schräggkühler 1,0 mm Mahlspalt	129	5	8	6	35	314
00965	Rheingau	Schräggkühler 2,3 mm Mahlspalt	130	5	7	5	62	440

Insgesamt betrachtet, zerstörte die Schräggkühlerapparatur mit anschließender Traubenmühle das Ausgangsmaterial zu stark und extrahierte, zumindest im Weißweinbereich, zu viele Phenole. Durch die Gärung wurden diese nicht abgemildert, sondern sie konnten im Wein noch in gleichen Konzentrationen gemessen werden wie im Most.

4.3 Gehalte an Anthocyanen und Phenolen der Rotweine nach Mostkonzentrierung

Mittels ausgewählter Versuchsreihen soll ein Überblick über die untersuchten Analyseparameter und die Versuchsvarianten geschaffen werden. Die Phenolgehalte von maischerhitzten gegenüber maischevergorenen Weinen bei gleichem Lesegut sowie von physikalischer Mostkonzentrierung gegenüber weinbaulichen Maßnahmen werden beleuchtet. In den folgenden Unterkapiteln werden allgemein gültige, statistisch abgesicherte Aussagen getroffen.

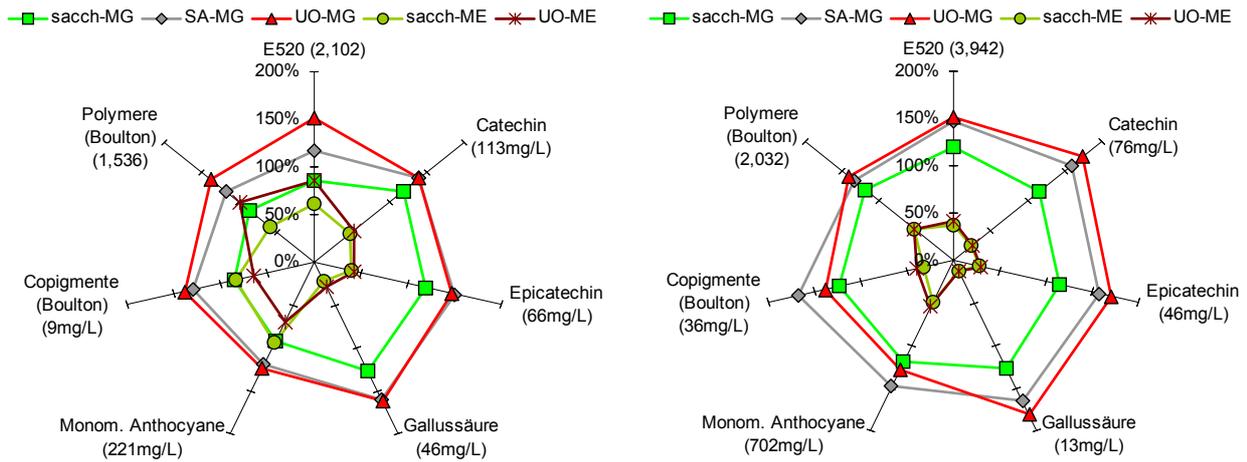


Abbildung 4.30 Technologisch bedingte Veränderungen der Phenolgehalte und der roten Farbe (E₅₂₀) im Rotwein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (entspr.: 100%, Absolutwert in Klammern); links: 2000er Cabernet-Sauvignon (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 77°Oe), rechts: 2001er Dornfelder (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 69°Oe)

Anhand zweier Versuchsreihen mit Cabernet-Sauvignon und Dornfelder (Abbildung 4.30) wird deutlich, dass die Rotweinbereitung mit Maischegärung wesentlich mehr phenolische Inhaltsstoffe freisetzt als mit Maischeerhitzung. Insbesondere die Gehalte der Kernextraktstoffe (Catechin, Epicatechin, Gallussäure) sind durch die Maischegärung gegenüber der Maischeerhitzung deutlich erhöht. Die physikalische Aufkonzentrierung des maischeerhitzten Mostes führt zwar relativ zur nicht konzentrierten Kontrollvariante zu einer signifikanten Erhöhung sämtlicher phenolischer Inhaltsstoffe, kann aber die Unterschiede zwischen den beiden Rotweinbereitungsverfahren nicht überbrücken. Weiterhin ist die deutliche Anhebung der Konzentrationen der Kernextraktstoffe, Copigmente, polymeren Phenole und der roten Farbintensität durch SA und UO relativ zur maischevergorenen Saccharosekontrolle bei beiden Versuchsreihen augenfällig.

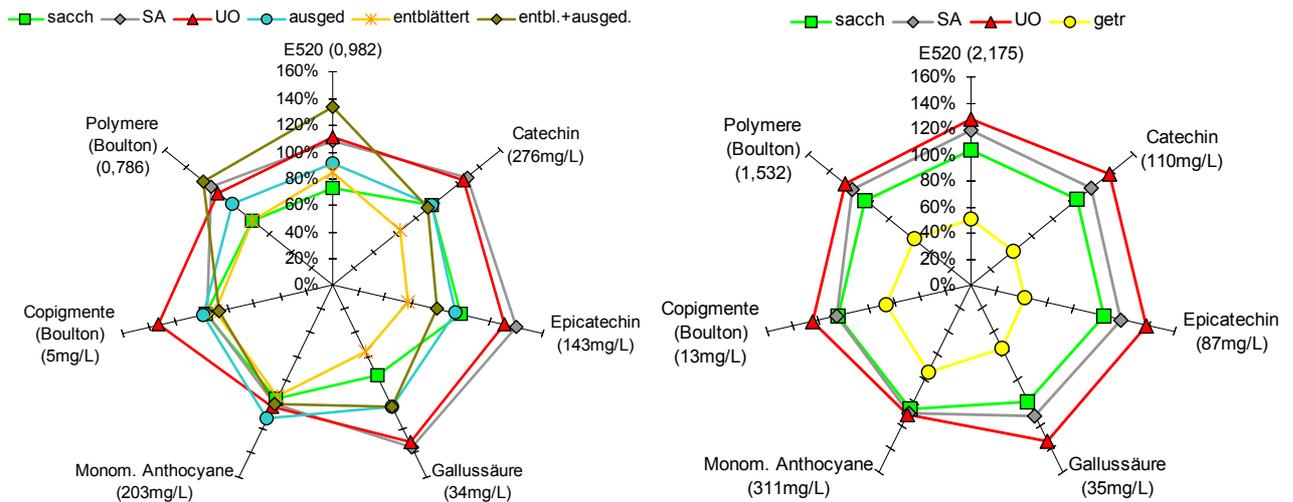


Abbildung 4.31 Technologisch bedingte Veränderungen der Phenolgehalte und der roten Farbe (E₅₂₀) im Rotwein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (entspr.: 100%, Absolutwert in Klammern); links: 2001er Spätburgunder SLFA-NW (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 98°Oe), rechts: 2001er Merlot (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 79°Oe)

Der Vergleich der physikalischen Mostkonzentrierung und des Saignée-Verfahrens (SA) mit weinbaulichen Maßnahmen (linkes Bild Abbildung 4.31) machte große Unterschiede bei der Extraktion der Kernextraktstoffe deutlich. Die weinbauliche Maßnahmen bewirken in dieser Versuchsreihe bei Catechin, Epicatechin und Gallussäure keine Anreicherung gegenüber der normalen Weinbergsbewirtschaftung mit anschließender Saccharoseanreicherung. Nur ein reduziertes Saft/Maische-Verhältnis führt bei diesen Verbindungen zu einer deutlichen Erhöhung der Konzentrationen.

Die Kombination aus Entblätterung und Ausdünnung im Weinberg zeigte die höchsten Gehalte an polymeren Phenolen in dieser Reihe. Dadurch bedingt war die hohe Farbintensität dieser Variante. Entblätterung und Ausdünnung für sich genommen konnten diese Effekte nicht zeigen.

Die physikalische Konzentrierungsmaßnahme bei Rotweinen, die am schlechtesten abschnitt, war die Traubentrocknung im Warmluftstrom (30°C). Bei dieser Variante machten sich dramatische Verluste sämtlicher Phenolspezies bemerkbar, wie beim 2001er Merlot gezeigt (rechtes Bild Abbildung 4.31).

4.3.1 Gehalt an Kernextrakt in den Rotweinen

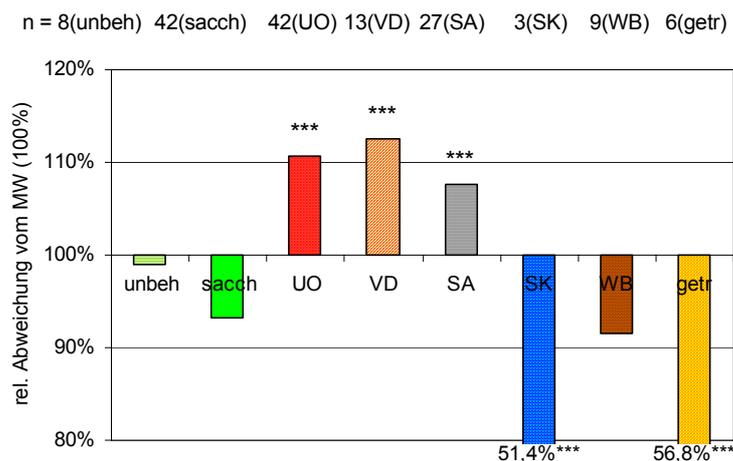


Abbildung 4.32 Technologisch bedingte Veränderungen der Catechingehalte im Rotwein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei den Kernextraktstoffen Catechin, Epicatechin und Gallussäure konnten vergleichbare Auswirkungen der Mostkonzentrierung und des Saftentzuges festgestellt werden (siehe Abbildung 4.32). Es wurden höchst signifikant höhere Konzentrationen für UO, VD und SA im Vergleich zur Saccharoseanreicherung (um 20%) gemessen. Die Traubentrocknungsvariante und SK zeigten die signifikant niedrigsten Konzentrationen aller Varianten bei Catechin und Epicatechin, wobei beide Varianten um 45% niedriger lagen als der Mittelwert der Versuchsreihe. Bei Gallussäure lag die SK zwar um 18% signifikant höher als die Traubentrocknung, war aber immer noch 22% unter dem Mittelwert. Weinbau (WB) umfasste verschiedene weinbauliche Maßnahmen, die alle das Ziel der Phenolintensivierung und Farbanreicherung hatten. Namentlich waren dies: Ausdünnung im Weinberg, späte Lese und Entblätterung. Diese Maßnahmen wurden deshalb zu einer Variablen zusammengefasst, weil sonst nur eine oder zwei Varianten ohne statistische Aussagekraft vorhanden gewesen wären. Weinbauliche Maßnahmen wiesen keine signifikanten Unterschiede gegenüber den unbehandelten und saccharoseangereicherten Varianten auf. Weiterhin zeigten sie signifikant niedrigere Kernextraktkonzentrationen als die kellerwirtschaftlich aufgearbeiteten Varianten (UO, VD, SA).

4.3.2 Gehalt an Beerenfleisch- und Beerenschalenextrakt in den Rotweinen

Bei den Gehalten der Caftarinsäure und bei der Kaffeesäure zeigten sich relativ wenige Signifikanzen (nicht abgebildet). Gut zu beobachten war der auf Oxidations- bzw. den enzymatischen Einflüssen beruhende Abbau der Caftarinsäure unter Weinsäureabspaltung zu Kaffeesäure bei den UO-Varianten.

Signifikant niedrigeren Caftar säuregehalten gegenüber den Saccharose-Varianten standen signifikant höhere Konzentrationen der Kaffeesäure gegenüber. Ebenso wie in Kapitel 4.1.1.9 bei der Glycosid-Glucose-Hydrolyse, konnte mit der stärkeren Spaltung der Caftar säure in Kaffeesäure bei UO, im Vergleich zur saccharoseangereicherten Variante, die Enzymkonzentrierung bestätigt werden.

Auffällig waren auch die großen Caftar säure- sowie Kaffeesäure-Verluste bei der Traubentrocknungsvariante, deren Gehalte um 35% niedriger lagen als der Mittelwert der Versuchsreihe.

Quercetin-3-glucosid und Quercetin wurden durch UO, VD gegenüber Chaptalisation (Saccharosezusatz) signifikant angereichert. SK zeigte die signifikant niedrigsten Gehalte dieser Inhaltsstoffe aufgrund der schlechten Extraktionseigenschaften dieses Verfahrens. Weinbauliche Maßnahmen führten zu hohen Quercetiningehalten (signifikant höher als SK, Saccharoseanreicherung und UO).

Die Summe der monomeren Anthocyane (nicht abgebildet) wurde für die statistische Auswertung zusammengefasst. Außer bei der Traubentrocknung und bei SK konnte man dabei keine signifikanten Unterschiede entdecken. Diese beiden Varianten hatten mit Abstand am wenigsten Anthocyane extrahiert.

Bei der Betrachtung der einzelnen Anthocyanpezies wurde Wert auf die Rebsortenauthentizität gelegt, welche durch den Quotienten acetylierte-/cumarylierte-Anthocyanen gebildet wird. Da alle Anthocyane annähernd um den gleichen Faktor aufkonzentriert wurden, änderte sich dieser Quotient nicht oder nur unwesentlich, wie Tabelle 4.2 am Beispiel von 4 Rebsorten nach Maischegärung zeigt. Lediglich die Traubentrocknungsvariante der 2001er Merlot-Versuchsreihe zeigte, bedingt durch starke enzymatische Einwirkung während der Trocknung (30°C), eine deutliche Erhöhung des Quotienten um 0,7 Einheiten gegenüber der saccharoseangereicherten Variante. Offenbar wurden die cumarylierten Anthocyane verstärkt aufgespalten.

Tabelle 4.2 Auswirkungen der UO-Mostkonzentrierung auf acetylierte und cumarylierte Anthocyane

Jahrg./Rebsorte/Variante	Acetylierte Anthoc. [mg/L]	Cumarylierte Anthoc. [mg/L].	Quotient Acetylierte/Cumarylierte
2000 Cabernet-Sauv (sacch)	104	27	3,9
2000 Cabernet-Sauv (SA)	104	25	4,2
2000 Cabernet-Sauv (UO)	103	24	4,3
2001 Portugieser (sacch)	49	15	3,3
2001 Portugieser (SA)	48	15	3,2
2001 Portugieser (UO)	49	15	3,3
2001 Dornfelder (sacch)	136	27	5,1
2001 Dornfelder (SA)	171	30	5,6

Jahrg./Rebsorte/Variante	Acetylierte Anthoc. [mg/L]	Cumarylierte Anthoc. [mg/L].	Quotient Acetylierte/Cumarylierte
2001 Dornfelder (UO)	147	27	5,5
2001 Merlot (sacch)	59	23	2,5
2001 Merlot (SA)	61	23	2,6
2001 Merlot (UO)	60	23	2,7
2001 Merlot (getr)	41	13	3,2

Konzentrierungseffekte wurden bei den polymeren Phenolen beobachtet. UO, VD, SA lagen signifikant höher als die Saccharosekontrolle. Die Weinbau-Variante war vergleichbar mit der chaptalisierten Variante. Die getrockneten Varianten lagen auch hierbei am niedrigsten, signifikant niedriger als die übrigen Varianten und 30% unter dem Mittelwert.

4.3.3 Ergebnisse des Boulton Assay bei Rotweinen

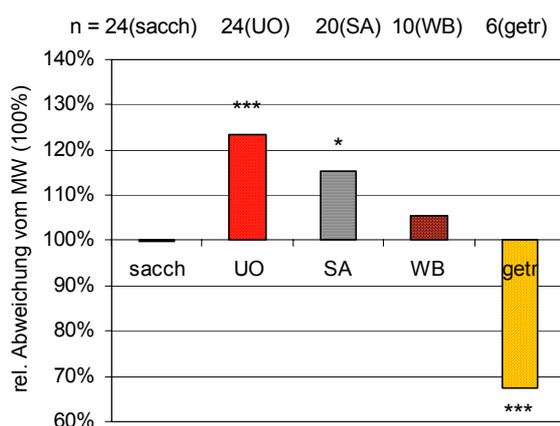


Abbildung 4.33 Technologisch bedingte Veränderungen der Copigmentgehalte im Rotwein relativ zur Variante sacch (2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Diese Analyseverfahren [Boulton 1996] erlaubte zusätzlich zu den monomeren Anthocyanen auch Aussagen über phenolische Copigmentierung und Polymerisation zu machen. Der Assay wurde bei drei Mostkonzentrierungsversuchsreihen aus 2000er Jahrgang (3xCabernet-Sauvignon) und bei neun Versuchen aus 2001er Jahrgang (Merlot, 4xSpätburgunder, Portugieser, 2xDornfelder, Cabernet-Sauvignon) durchgeführt, wobei jede Variante mit Gärwiederholung vermessen wurde. Als Varianten wurden Saccharoseanreicherung, UO, SA, Traubentrocknung und Weinbau untersucht. Die saccharoseangereicherte Variante diente als Kontrollvariante. Die Variablen der übrigen Varianten wurden relativ zur Saccharosevariante (100%) berechnet. Dies ermöglichte eine Normalverteilung und

statistische Aussagekraft sowie Vergleichbarkeit zwischen den Rebsorten, ähnlich wie beim Vergleich der Varianten mit dem Mittelwert der Versuchsreihe (Kapitel 3.3.1).

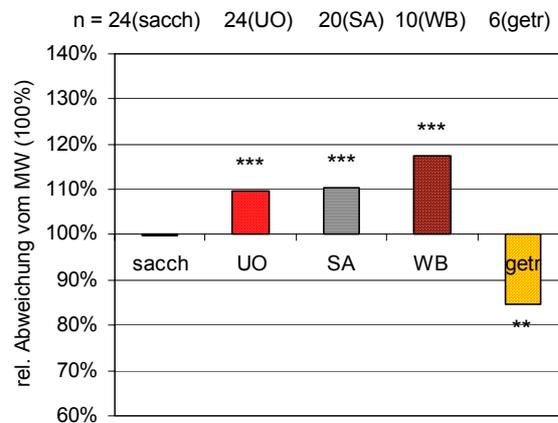


Abbildung 4.34 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte monomerer Anthocyane im Rotwein relativ zur Variante sacch (2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Im Ergebnis dieser Untersuchung stellte sich heraus, dass UO und SA um 24% bzw. 15% signifikant höhere Copigmentierung (Abbildung 4.33) aufwiesen als die saccharoseangereicherten Varianten. Traubentrocknung lag signifikant 33% unter diesem Wert und zwischen Weinbau und Chaptalisation gab es keinen Unterschied.

Bei den monomeren Anthocyanen fielen die Unterschiede vom Betrag nicht ganz so deutlich aus, da möglicherweise bereits eine Polymerisierung eingetreten war. Außerdem tritt laut Boulton [Boulton 2001] während der Maischegärung ein Gleichgewicht zwischen monomeren Anthocyanen im Saft und Anthocyanen in der Beerenschale ein. Dies führt dazu, dass über den Gleichgewichtszustand hinaus keine Mehrextraktion von Anthocyanen möglich ist, egal wie das Saft/Maische-Verhältnis vorliegt. Die weinbaulichen Maßnahmen zur Ertragsreduzierung zeigten bei den monomeren Anthocyanen um 18% höchst signifikant höhere Konzentrationen als die saccharoseangereicherten Varianten. Bei SA und UO wurden 10% höhere Konzentrationen gegenüber Saccharose (höchst signifikant) gemessen. Traubentrocknung lag um 15% hoch signifikant unter dem Saccharose-Wert.

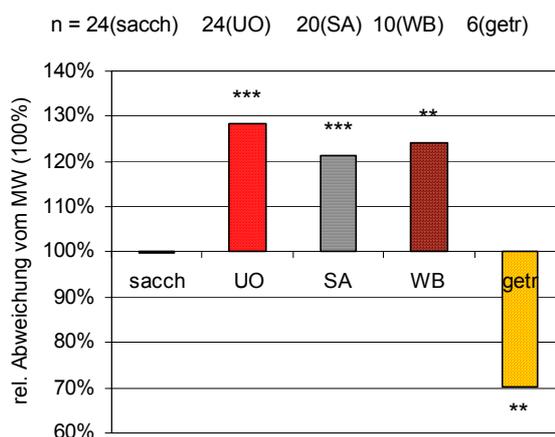


Abbildung 4.35 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte polymerer Anthocyane im Rotwein relativ zur Variante sacch (2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei den polymeren Anthocyanen wies UO die höchsten Konzentrationen auf (28% mehr als sacch). Weinbau (24%) und SA (22%) hatten ebenfalls signifikant höhere polymere Anteile als die saccharoseangereicherten Varianten. Traubentrocknung zeigte auch bei diesem Parameter die niedrigsten Gehalte. Sie lagen um 30% hoch signifikant unterhalb des Wertes der saccharoseangereicherten Varianten.

Abgesehen von den Problemen bei dem Ausbau der Traubentrocknungsvarianten (es trat in mehreren Fällen verstärkter Klebstoffton (Ethylacetat) auf, war bereits optisch zu sehen, dass eine bedeutende Menge Farbstoffe wahrscheinlich durch die Wärmeeinwirkung und oxidative Effekte zerstört worden war und die Weine heller erschienen. Dieser erste Befund konnte durch den Boulton-Assay belegt werden. Alle übrigen Konzentrierungsverfahren und weinbaulichen Maßnahmen brachten eine signifikante Qualitätsverbesserung für die Rotweine.

4.4 Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der Rotweine

Das Prüferpanel hatte die Aufgabe, die Rotweine auf die in Kapitel 3.4.15.2 beschriebenen Parameter hin zu untersuchen (siehe Abbildung 4.36 bis Abbildung 4.38). Die dargestellten Einzelversuchsreihen (Abbildung 4.36, Abbildung 4.37) sind die gleichen wie in Kapitel 4.3. Die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten bezüglich der Kernextraktgehalte wurden sensorisch bestätigt. So zeigten maischevergorene Weine mehr „Bittere“ und „Adstringenz“ als ihre maischeerhitzten Pendanten. Auch wurden erstgenannte intensiver im „Körper“ und in der „Farbintensität“ empfunden. Maischeerhitzung bewirkte die insgesamt schlankeren, aber fruchtbetonteren Weine, was bei den Parametern „Erdbeere“ und „Cassis“ zum Tragen kam. Bei den maischeerhitzten Cabernet-Sauvignon

und Dornfelder erkennt man bei jedem zu bewertenden Attribut deutlich höhere Bewertungen für UO verglichen mit der Saccharosekontrolle.

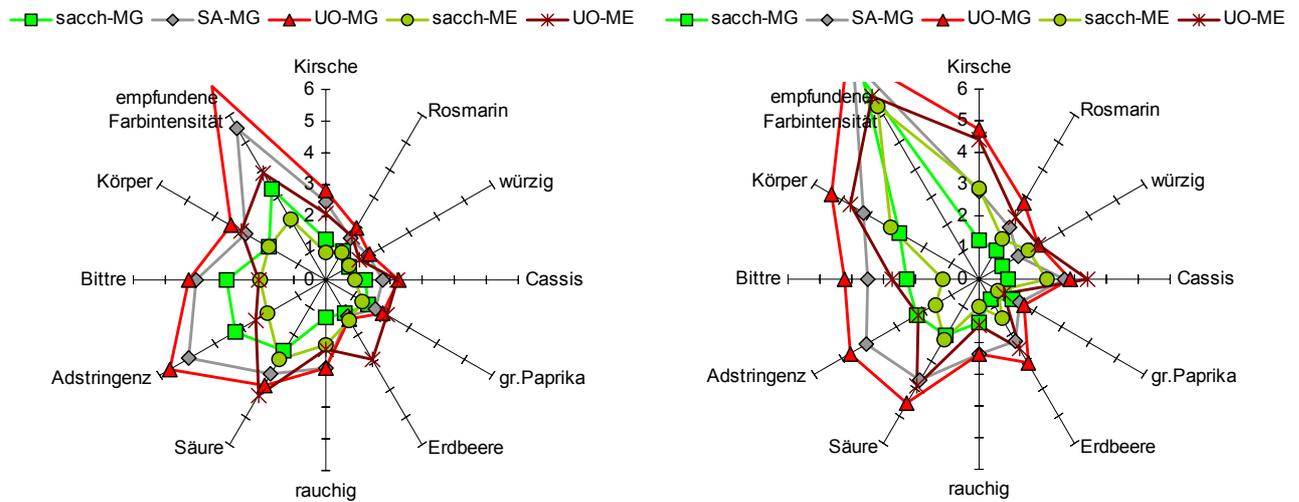


Abbildung 4.36 Technologisch bedingte Veränderungen der sensorischen Eigenschaften; links: 2000er Cabernet-Sauvignon (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 77°Oe), rechts: 2001er Dornfelder (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 69°Oe)

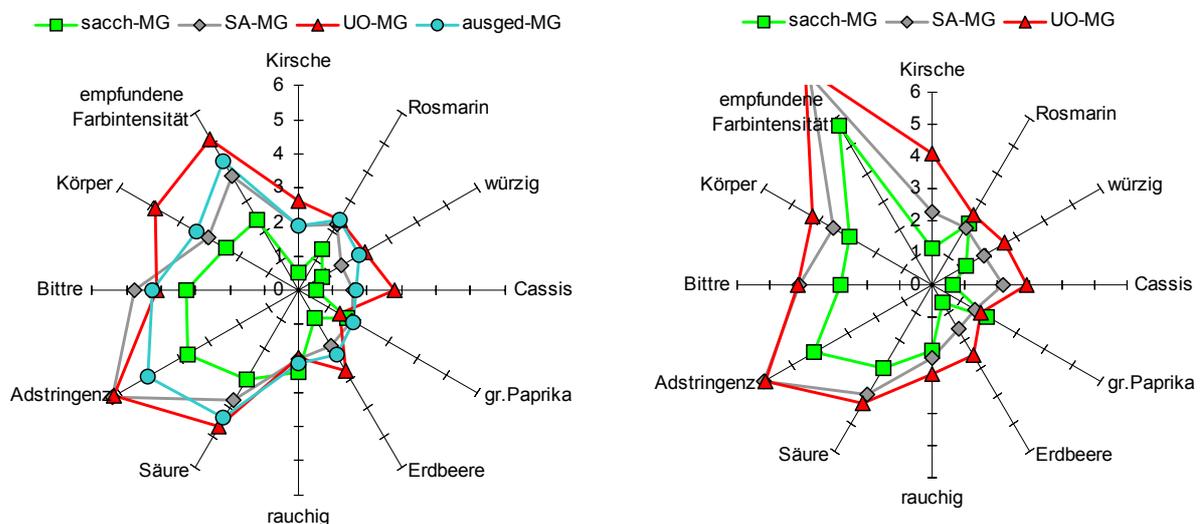


Abbildung 4.37 Technologisch bedingte Veränderungen der sensorischen Eigenschaften; links: 2001er Spätburgunder SLFA-NW (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 98°Oe), rechts: 2001er Merlot (Pfalz, Ausgangsmostgew.: 79°Oe)

Bei den hier abgebildeten mäschevergorenen Versuchsreihen wurden die Versuchsvarianten von dem Prüferpanel in der Reihenfolge Saccharose, SA, UO stärker bewertet. Dies spiegelt die Aufkonzentrierung der Inhaltsstoffe von den Aromastoffvorläufern über die Säure bis zu den Kernextrakten wieder. Die Variante „Traubenausdünnung“ beim 2001er Spätburgunder (Abbildung

4.37) zeigte deutliche Höherbewertungen gegenüber der chaptalisierten Kontrolle in den fruchtig-würzigen Geruchsattributen, bei sämtlichen Geschmacksattributen und bei der Farbintensität. Sie wurde aber nur in sehr wenigen Attributen stärker bewertet als UO.

Um allgemein gültigere Aussagen über die sensorischen Auswirkungen der Mostkonzentrierung und anderer kellerwirtschaftlicher und weinbaulicher Maßnahmen treffen zu können, wurden die Varianten sämtlicher verkosteter Rotweinversuchsreihen, wie in den vorigen Kapiteln, auf den Mittelwert der Versuchsreihe relativiert. Die Attribut-Mittelwerte dieser Versuchsvarianten sind in Abbildung 4.38 dargestellt. Aufgrund der Anzahl der verkosteten Varianten machte eine statistische Untersuchung wegen des Normalverteilungskriteriums nur Sinn bei: Saccharosekontrolle, UO, VD, SA, Ausdünnung im Weinberg. Dabei ist zu beachten, dass die Probezahl für VD und bei der Traubenausdünnung sehr gering war (VD 6, Ausdünnung 4). Daher waren die Ergebnisse dieser beiden Varianten statistisch nicht so gut zu evaluieren wie bei den übrigen Varianten.

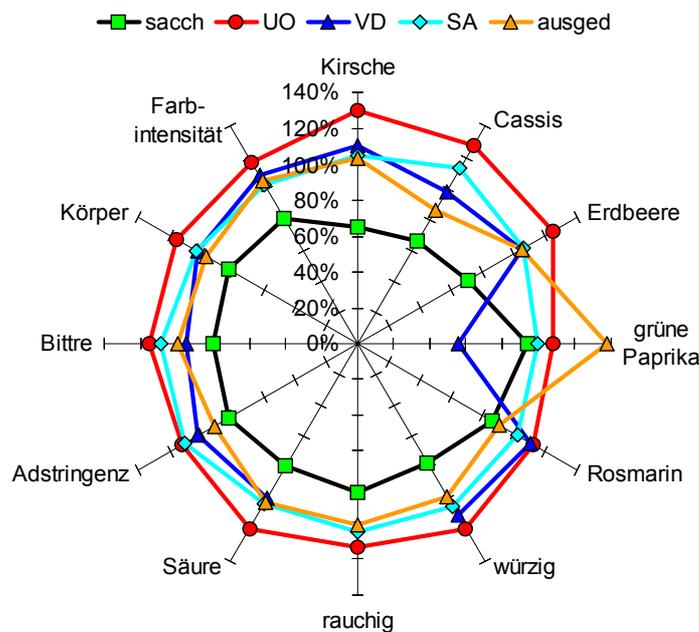


Abbildung 4.38 Technologisch bedingte Veränderungen der deskriptiv sensorischen Beschreibung der Rotweine relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001)

Für das Attribut „Kirsche“ konnte festgestellt werden, dass die Saccharosekontrolle signifikant niedriger bewertet wurde als alle anderen Varianten. UO wurde mit signifikant mehr „Kirsche“ als die übrigen Varianten eingeschätzt. Die Differenz zwischen der saccharoseangereicherten Variante und UO betrug durchschnittlich 60%.

Die Saccharosekontrolle lag bei dem Attribut „Rosmarin“ signifikant niedriger als UO, VD und SA. Sonst gab es keine Signifikanzen.

Bei dem Attribut „würzig“ lag UO vorne mit signifikant höheren Bewertungen als die chaptalisierte Variante, SA und Ausdünnung im Weinberg. Die saccharoseangereicherte Variante zeigte, wie bei „Rosmarin“, die niedrigsten Werte.

UO wurde bei „Cassis“ gegenüber allen anderen Varianten am höchsten bewertet. SA übertraf die Ausdünnung im Weinberg und die Saccharosekontrolle. Die saccharoseangereicherte Variante hatte die niedrigsten Werte. Auch bei „Cassis“, vergleichbar mit „Kirsche“, betrug die Differenz zwischen Saccharosekontrolle und UO 60%.

Die meisten signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten wurden bei dem Attribut „grüner Paprika“ gefunden. Die Traubenausdünnung zeigte die höchsten Bewertungen, signifikant höher als alle übrigen Varianten. Danach folgten UO, SA, die saccharoseangereicherte Variante und VD. Von allen Varianten hatte VD die signifikant niedrigsten Werte bei „grüner Paprika“.

Das Attribut „Erdbeere“ wurde für die Saccharosekontrolle signifikant niedriger bewertet als alle übrigen Varianten. UO dominierte hier mit durchschnittlich 54% höheren Beurteilungen als bei den saccharoseangereicherten Varianten.

Auch beim einzig negativ zu bewertenden Geruchsattribut „rauchig“ hatte die Saccharosekontrolle die niedrigsten Werte, signifikant niedriger als UO und SA. VD konnte nicht in diesen Vergleich einbezogen werden, da bei allen Versuchsreihen mit VD-Varianten dieses Attribut nicht bewertet wurde. Es wurde erst bei den Verkostungen in den Jahren 2001 und 2002 eingeführt.

Beim Geschmacksattribut „Säure“ wurde die Aufkonzentrierung der Mostsäure durch die UO auch sensorisch nachempfunden. Die Saccharosekontrolle wurde signifikant am schwächsten bewertet. VD wurde nicht so stark „sauer“ bewertet als UO. Ähnlich wie VD wurden SA und die ausgedünnte Variante beurteilt. Die Ausdünnung der Trauben im Weinberg sollte ursprünglich eine höhere Traubenreife mit geringeren Säuregehalten bewirken. Dies konnte durch das Prüferpanel bei Rotweinen nicht erkannt werden.

Ein ähnliches Bild wie bei „Säure“ bot sich auch bei „Adstringenz“ und „Bitter“. Die saccharoseangereicherte Variante lag signifikant am niedrigsten, UO signifikant am höchsten zusammen mit SA. VD und Ausdünnung im Weinberg lagen im Mittelfeld. Hierbei wirkte sich das reduzierte Saft/Maische-Verhältnis bei UO und SA (bei VD ebenso, aber der Datensatz genügte offenbar nicht) gegenüber der saccharoseangereicherten und der ausgedünnten Variante aus. Die Konzentrationen der bitteren Kernextraktstoffe (vgl. Kapitel 4.3.1) wurden vergleichsweise erhöht, was sich auch sensorisch bemerkbar machte.

Beim Attribut „Körper“ wurde wiederum UO bevorzugt. Die Saccharosekontrolle zeigte die signifikant niedrigsten Bewertungen gegenüber den kellerwirtschaftlich bzw. weinbaulich aufwendigeren Varianten. Dieses sensorische Ergebnis spiegelt die Extraktentwicklung aus Kapitel 4.2.4 wider.

Das subjektive Farbempfinden der Rotweine sollte mit dem Attribut „Farbintensität“ beschrieben werden. Die saccharoseangereicherten Varianten wurden signifikant am geringsten bewertet. Zwischen den übrigen Varianten konnte das Prüferpanel praktisch nicht differenzieren.

4.4.1 Korrelation phenolanalytischer und deskriptiv sensorischer Rotweindaten

Um beurteilen zu können, ob die sensorisch und phenol- bzw. aromaanalytisch ermittelten Rot- und Weißweindaten übereinstimmen und um darüber hinaus Vorhersagen der Analytik für die Sensorik und umgekehrt treffen zu können, war eine Korrelation der Datensätze nötig (siehe Tabelle 4.3 und Tabelle 4.5). In diese Korrelation flossen nur die Varianten Saccharoseanreicherung, UO und VD sowie bei Rotweinen nach Maischegärung auch SA ein, da diese Varianten am häufigsten analysiert und verkostet wurden und eine Korrelation des umfangreichen Datenmaterials sinnvoll erschien. Zunächst soll auf die Rotweine eingegangen werden:

Es stellte sich heraus, dass viele Sensorikattribute höchst signifikant mit den Kernextraktstoffen Gallussäure, Catechin und Epicatechin korrelierten. Da diese Stoffe bitter und adstringent sind, liegt die Vermutung nahe, dass sie einen starken Einfluss auf diese Geschmacksattribute hatten. Wie der Name Kernextraktstoffe schon sagt, tragen diese Substanzen zur Erhöhung des Extraktgehaltes der Weine bei. Daraus erklärt sich die Korrelation von Gallussäure und Epicatechin zum Geschmacksattribut „Körper“, das die „Fülle“ eines Weines beschreibt und im Wesentlichen durch den Weinextrakt beeinflusst wird.

Gallussäure korrelierte positiv mit „grüner Paprika“. Da diese Substanz an sich nicht nach grüner Paprika riecht, bestehen möglicherweise Zusammenhänge zwischen ihrer Extraktion und der Extraktion der für das Paprikaaroma hauptsächlich verantwortlichen Pyrazine [Roujou de Boubee, Leeuwen et al. 2000].

Die Prüfer empfanden Weine mit hohen Gehalten an Gallussäure, Catechin und Epicatechin als würziger und rauchiger. Daraus könnte man schließen, dass würzige, rauchige Aromastoffe mit intensiverer Maischegärung verstärkt freigesetzt werden. Auf diese Weise kam die Korrelation der Kernextraktstoffe zu den Geruchsattributen „würzig“, „Rosmarin“ und „rauchig“ zustande.

Außer den bereits beschriebenen Korrelationen zwischen Kernextraktstoffen und sensorischen Attributen konnte lediglich ein Zusammenhang zwischen „Kirsche“ und den monomeren Anthocyanen festgestellt werden. Dass diese Korrelationen zwischen nicht flüchtigen, geruchsneutralen Phenolen und Geruch nicht so zahlreich sind wie die bei den Weißweinen beschriebenen Korrelationen zwischen Aromastoffen und Geruch, ist nachvollziehbar. Umso interessanter ist, dass es offenbar doch einige Zusammenhänge zwischen der Phenolextraktion und der Konzentration von Rotweinaromastoffen gibt.

Kaffeensäure war negativ mit der Caftarensäure korreliert, da Caftarensäure durch enzymatische und nicht enzymatische Spaltung in Kaffeensäure und Weinsäure zerfällt. Die Kaffeensäure korrelierte negativ mit der „Bittere“ und „Adstringenz“ der Weine. Außerdem bestand eine positive Korrelation zwischen der Kaffeensäure und der von den Prüfern wahrgenommenen „Farbintensität“ der Weine, die auf Copigmentierungseffekten beruhen [Darias Martin, Carrillo et al. 2001].

Die von den Prüfern empfundene „Farbintensität“ der Weine korrelierte höchst signifikant mit den monomeren Anthocyanen und den Copigmenten, die mit dem Boulton-Assay gemessen wurden. Wie aus dem Review von Boulton [Boulton 2001] bekannt ist, bilden beide Substanzgruppen durch Zusammenlagerung stapelförmige Komplexe, die aufgrund ihrer Elektronenkonjugation eine Farbintensivierung bewirken. „Farbintensität“ und Copigmentkonzentration sind sogar noch stärker positiv korreliert als „Farbintensität“ und die Konzentration monomerer Anthocyane, also die eigentlichen Farbpigmente. Dies unterstreicht die Bedeutung der Copigmentation bei der Farbausprägung der Rotweine.

Tabelle 4.3 Korrelationen (r) der Absolutwerte deskriptiv, sensorischer und phenolanalytischer Daten aus 1999er, 2000er und 2001er Rotweinen (n = 48 Varianten * 2 Gär-WH bzw. Verkostungs-WH); markierte Werte korrelieren höchst signifikant ($p < 0,001$)

	KIR-SCHE	ROS-MARIN	WÜRZIG	CASSIS	GRÜNE PAPRIKA	ERD-BEERE	RAUCHIG	AD-STRINGENZ	BITTRE	KÖRPER	FARB-INTENSITÄT
GALLUSSÄURE	0,144	0,529	0,531	0,147	0,472	0,150	0,681	0,804	0,730	0,431	0,148
CATECHIN	0,059	0,404	0,430	-0,043	0,150	0,167	0,586	0,656	0,718	0,334	-0,008
EPICATECHIN	0,068	0,427	0,441	-0,038	0,185	0,173	0,607	0,704	0,752	0,351	-0,016
CAFTARSÄURE	-0,181	-0,144	-0,137	-0,082	-0,352	0,053	0,003	-0,105	0,056	-0,185	-0,166
KAFFEESÄURE	0,293	-0,174	0,123	0,271	-0,200	-0,133	-0,251	-0,358	-0,439	0,046	0,552
MONOMERE ANTHOCYANE	0,402	-0,120	0,137	0,195	-0,207	-0,013	-0,184	-0,217	-0,245	0,316	0,689
POLYMERE PHENOLE	0,245	0,081	0,097	0,255	0,241	0,056	0,098	0,063	-0,014	0,241	0,299
COPIGMENTE	0,333	-0,192	0,047	0,251	-0,342	-0,044	-0,255	-0,334	-0,288	0,149	0,726

Eine bessere Übersicht über die Auswirkungen physikalischer Konzentrierungsverfahren und die Zusammenhänge zwischen Rotweinphenolen und Rotweinsensorik bringt die PCA (Abbildung 4.39). Für die PCA wurden die relativen Abweichungen der Varianten vom Mittelwert der Versuchsreihe verwendet, um die Einflüsse der Rebsorten auszuschalten. Die ersten beiden PCs erklären 60% der Gesamtvarianz.

Die „loadings“ (siehe Kapitel 3.3.2) verlaufen fast alle in eine Richtung entlang der PC1. Dies ist der Grund, warum die PC1 51,2% und die PC2 nur noch 8,7% der Gesamtvarianz erklärt. Alle sensorischen Attribute sind stark positiv korreliert mit fast allen phenolischen Inhaltsstoffen. Diese leisten einen großen Beitrag in positive Richtung der PC1. In negative Richtung der PC1 weist lediglich

die Caftarsäure. Daraus folgt, dass sämtliche „scores“, die in positive Richtung der PC1 liegen, höhere Konzentrationen an den entsprechenden phenolischen Inhaltsstoffen und Höherbewertungen in den entsprechenden Sensorikattributen aufweisen und umgekehrt.

Bei den „scores“, in diesem Falle die Versuchsweine, erkennt man eine klare Trennung in einen negativen Bereich auf der PC1, in dem sämtliche Saccharosekontroll- und Ausdünnungsvarianten liegen und einen positiven Bereich, in dem die mostkonzentrierten und die saftentzogenen Varianten zu finden sind. Damit wird klar, dass sämtliche kellerwirtschaftlich bearbeitete Versuchsvarianten tendenziell höhere Konzentrationen an monomeren und polymeren phenolischen Inhaltsstoffen aufweisen. Daraus resultierend, werden sie als farbintensiver, bitterer, adstringenter, körperreicher, würziger und fruchtiger empfunden als die nicht bearbeiteten Saccharosekontrollvarianten. Bei den ausgedünnten Versuchsweinen sind allgemein gültige Aussagen schwer zu treffen, weil technisch bedingt nicht so viele Varianten vorhanden waren. Die bei dieser PCA berücksichtigten Fälle (Ausdünnung beim 2000er Regent und beim 2001er Spätburgunder) konnten sich gegenüber der Saccharosekontrolle nicht so stark in positive Richtung der PC1 absetzen. Der Spätburgunder (siehe auch Abbildung 4.37) tat dies deutlicher als der Regent.

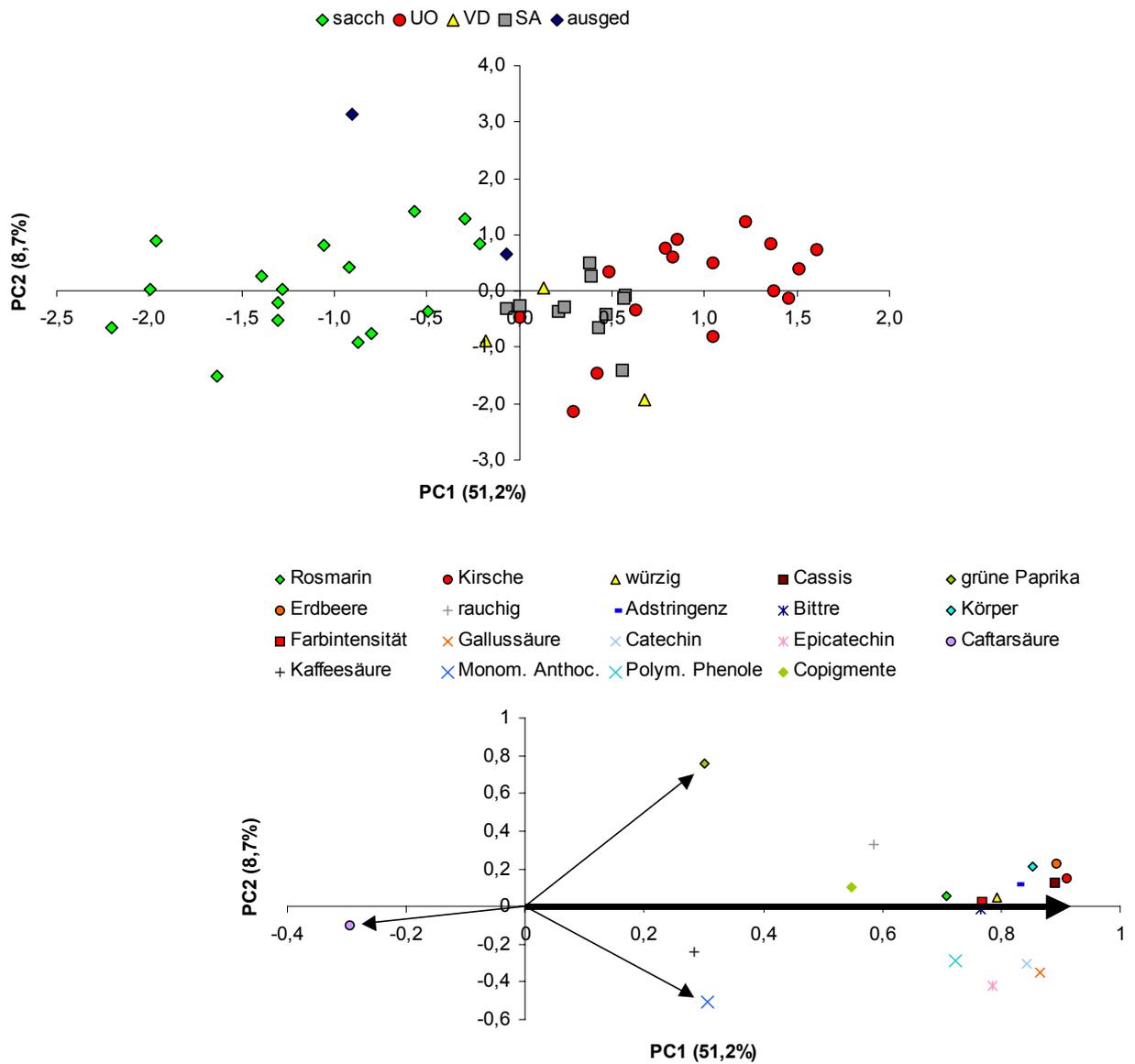


Abbildung 4.39 PCA Rotweinphenole und deskriptive Sensorik. „Scores“ (oben): 16 Versuchsreihen mit 48 Weinen; „Loadings“ (unten): 8 Phenolspezies und 11 Sensorikattribute. (weitere Erklärungen im Text)

4.5 Gehalte an Aromastoffen der Weißweine nach Mostkonzentrierung

Die Biogenese der Aromastoffe und ihr Weg in den Wein wurden in Kapitel 2 beschrieben. Der Einfluss dieser Substanzen auf die geruchliche (ortho- oder retronasale) Wahrnehmung und somit auf die sensorische Beurteilung des Weines sind unbestritten. Deshalb kam der Untersuchung der Auswirkungen der physikalischen Konzentrierungsverfahren auf die Aromastoffe eine besondere Bedeutung zu.

Ähnlich wie im Kapitel Phenole soll mittels ausgewählter Versuchsreihen ein Überblick über die untersuchten Analyseparameter und die Versuchsvarianten geschaffen werden. Die Aromastoffgehalte nach physikalischer Mostkonzentrierung gegenüber weinbaulichen Maßnahmen werden beleuchtet. In den folgenden Unterkapiteln werden dann allgemein gültige, statistisch abgesicherte Aussagen getroffen.

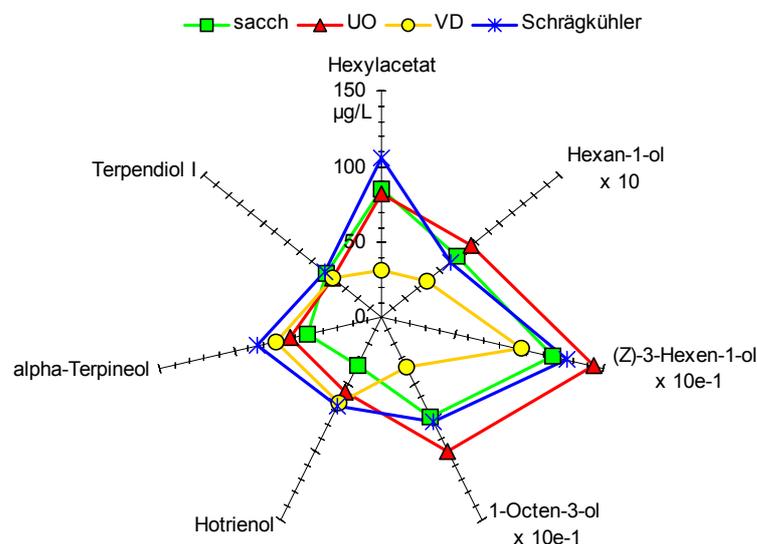


Abbildung 4.40 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte an Aromastoffen im 2000er Riesling (Mosel, Ausgangsmostgew. 58°Oe); es sind die Faktoren zu beachten, um die tatsächlichen Konzentrationen zu errechnen

Wie aus Abbildung 4.40 bei einem früh gelesenen 2000er Riesling von der Mosel deutlich wird, hatte die Anwendung unterschiedlicher Konzentrierungstechnologien einen bedeutenden Einfluss auf die Konzentrationen einiger Aromastoffe. Die im Most hauptsächlich glycosidisch gebundenen Terpenalkohole wurden durch den physikalischen Wasserentzug gegenüber der Saccharosekontrolle angereichert. Die im Most bereits frei vorliegenden Alkohole 1-Octen-3-ol (pilzig), (Z)-3-Hexen-1-ol (Gras, Blätter) und Hexan-1-ol (harzig) wurden durch UO an-, durch VD abgereichert. Weiterhin wurde die Esterbildung während der Gärung durch die Verfügbarkeit der Alkoholkomponente beeinflusst. Daher zeigte VD die geringsten Hexylacetatkonzentrationen aller Varianten dieser Versuchsreihe. Es ist bemerkenswert, dass SK bei den Terpenalkoholen und bei Hexylacetat die

höchsten Konzentrationen aufwies, bei den weniger positiv zu beurteilenden Alkoholen aber kein Anreicherungsverhalten zeigte.

In Abbildung 4.41 sind die Auswirkungen der UO-Mostkonzentrierung auf eine 2001er Weißburgunder- und eine 2001er Riesling-Versuchsreihe mit je zwei Leseterminen dargestellt. Der frühere Lesetermin war Ende September, der spätere Termin Ende Oktober für Weißburgunder und Anfang November für den Riesling. Es wird deutlich, dass die unterschiedlichen Reifestadien stärkere Effekte auf die Terpenalkoholkonzentrationen haben als die Mostkonzentrierung. So wies der frühe Lesetermin beim Weißburgunder nur sehr geringe Gehalte an Linalool, Hotrienol und α -Terpineol auf, während bei dem normalen Lesetermin wesentlich mehr dieser Verbindungen freigesetzt worden waren. Der früh gelesene Weißburgunder hatte höhere Konzentrationen bei den „grünen Alkoholen“ Hexan-1-ol und (Z)-3-Hexen-1-ol als beim späteren Lesetermin. Die Mostkonzentrierung wirkte sich bei beiden Reifestadien des Rieslings stärker aus als beim Weißburgunder. Beim Riesling sind durch Umkehrosiose-Konzentrierung Anreicherungsstärken von etwa 20% bei den Terpenalkoholen erkennbar.

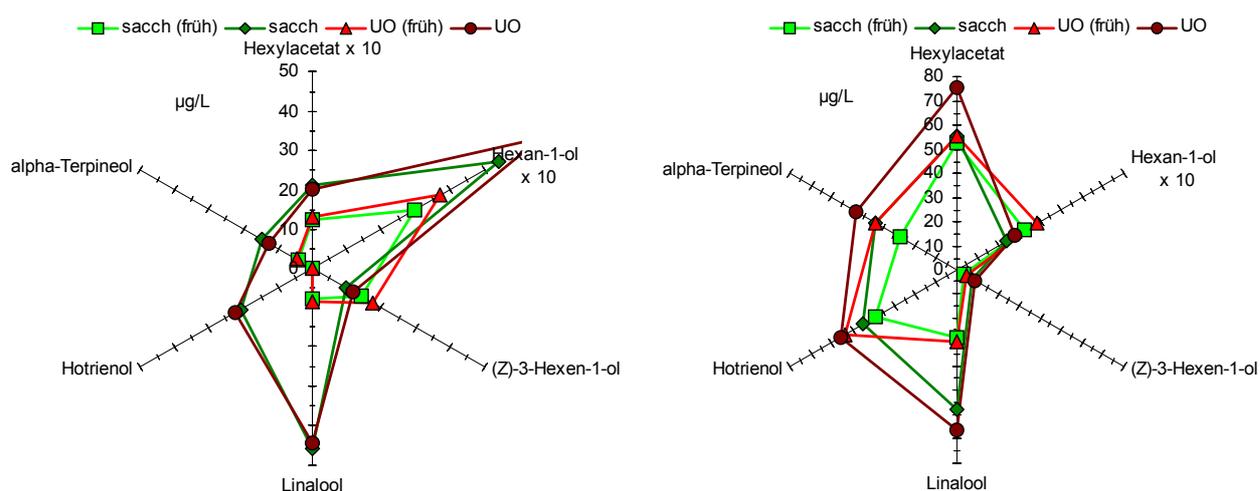


Abbildung 4.41 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte an Aromastoffen im 2001er Weißburgunder (linkes Bild) und im 2001er Riesling (beide SLFA-NW, Pfalz); es sind die Faktoren zu beachten, um die tatsächlichen Konzentrationen zu errechnen

4.5.1 Gehalte alkoholischer Verbindungen außer Terpenalkoholen der Weißweine

Die alkoholischen Verbindungen wurden zum größten Teil durch die Gärung gebildet. Sie besitzen vergleichsweise hohe Geruchsschwellenwerte und ihre Geruchseigenschaften werden nicht so positiv bewertet. Folgende Beispiele sollen an dieser Stelle angeführt werden: Ethanol (Geruchseindruck: ethanolisch, Geruchsschwelle orthonasal in wässriger Matrix: 24900 μ g/L), Isoamylalkohol (malzig, 1810 μ g/L) und 2-Phenylethan-1-ol (würzig, 1000 μ g/L) beschriebenen [Rychlik, Schieberle et al. 1998].

Bei SK traten die höchsten Isoamylalkohol-Gehalte (nicht abgebildet) auf. Dies lässt sich mit der leicht unterschiedlichen Anreicherung erklären, da dieser Alkohol vorwiegend aus der alkoholischen Gärung stammt und die Konzentrationen bei allen Varianten mit gleichem Zuckergehalt identisch sein müssten. Die Problematik der Anreicherung wurde in Kapitel 4.2.3 näher beleuchtet. Der Mittelwert der Isoamylalkohol-Konzentrationen aller Versuchsreihen lag mit 23mg/L über dem Geruchsschwellenwert (siehe oben).

Bei Butan-2,3-diol (nicht abgebildet) wies die unbehandelte Variante die signifikant niedrigsten, SK die signifikant höchsten Gehalte auf. Auch hierfür ist die ungleichmäßige Anreicherung als Ursache zu sehen, da bei der alkoholischen Gärung Butan-2,3-diol als Nebenprodukt anfällt. Aufgrund der im Allgemeinen niedrigeren Zuckergehalte im Moststadium bei der Variante unbehandelt und der leicht höheren Zuckergehalte bei SK (siehe Kapitel 4.2.3) war die Gärung bei der unbehandelten Variante weniger intensiv und bei SK etwas intensiver. Es fielen entsprechend kleinere oder größere Mengen an Gärnebenprodukten an. Der Mittelwert der Butan-2,3-diol-Konzentrationen aller Versuchsreihen lag bei 112µg/L.

Octan-1-ol (Anhang 3) wurde mit den höchsten Mengen in den unbehandelten Varianten gefunden, signifikant höher als bei den saccharoseangereicherten Varianten und bei UO. Der Mittelwert der Octan-1-ol-Konzentrationen aller Versuchsreihen lag bei 11µg/L.

2-Phenylethan-1-ol (Abbildung 4.50) wurde ebenfalls in den unbehandelten Varianten mit den höchsten Konzentrationen festgestellt. Signifikant geringere Gehalte als bei den unbehandelten wurden bei den saccharoseangereicherten Varianten und bei den Varianten mit weinbaulichen Maßnahmen nachgewiesen. VD hatte wesentlich geringere Konzentrationen als die unbehandelte Variante, UO und SK. Der Mittelwert der 2-Phenylethan-1-ol-Konzentrationen aller Versuchsreihen lag bei 2051µg/L und somit deutlich über dem Geruchsschwellenwert (siehe oben).

Einige Alkohole insbesondere C₆-Alkohole entstammen dem Zellstoffwechsel der Traubenbeere. Bei diesen als „grün“ und „vegetativ nach Blättern“ riechenden C₆-Alkoholen wie Hexan-1-ol und (Z)-3-Hexen-1-ol konnten deutliche Konzentrierungseffekte festgestellt werden. Die Anwendung der VD führte bei Hexan-1-ol (Abbildung 4.48) zu einer signifikanten Senkung der Konzentration gegenüber den übrigen Varianten. Auch weinbauliche Maßnahmen brachten signifikant niedrigere Gehalte als bei den Varianten unbehandelt, saccharoseangereichert, SK und UO. Die Anwendung der Umkehrosiose führte dagegen zu einer Anreicherung der Gehalte. Der Mittelwert der Hexan-1-ol-Gehalte aller analysierten Versuchsweine betrug 355µg/L und lag damit deutlich unter den in der Literatur [Rychlik, Schieberle et al. 1998] angegebenen orthonasalen Geruchsschwellenwerten in wässrigen Lösungen von ca. 1000µg/L. Dieser Wert wurde in keiner Versuchsreihe erreicht.

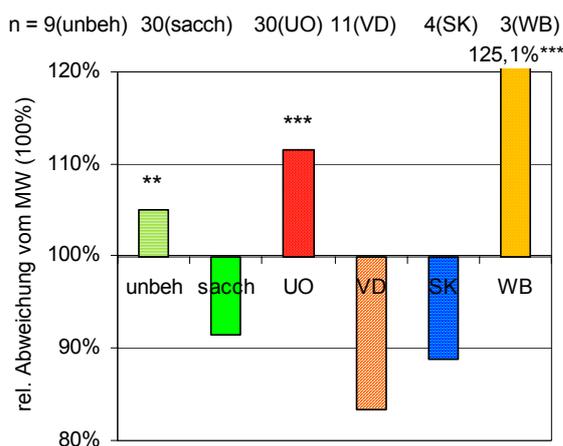


Abbildung 4.42 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte an (Z)-3-Hexen-1-ol im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Ähnliche Effekte wurden bei (Z)-3-Hexen-1-ol (Abbildung 4.42) beobachtet. UO besaß signifikant höhere Konzentrationen als die saccharoseangereicherte Variante, SK und VD. Letztgenannte Variante hatte die niedrigsten Konzentrationen. Bei den Varianten, bei denen weinbauliche Anreicherungsverfahren zur Anwendung kamen, wurden in diesem Fall die höchsten Konzentrationen gefunden. Auch bei diesem Analysenparameter lag der Mittelwert aller analysierten Versuchsweine mit $8\mu\text{g/L}$ unter den in der Literatur [Rychlik, Schieberle et al. 1998] angegebenen orthonasalen Geruchsschwellenwerten in wässrigen Lösungen von $39\mu\text{g/L}$. Dieser Wert wurde in keiner Versuchsreihe erreicht.

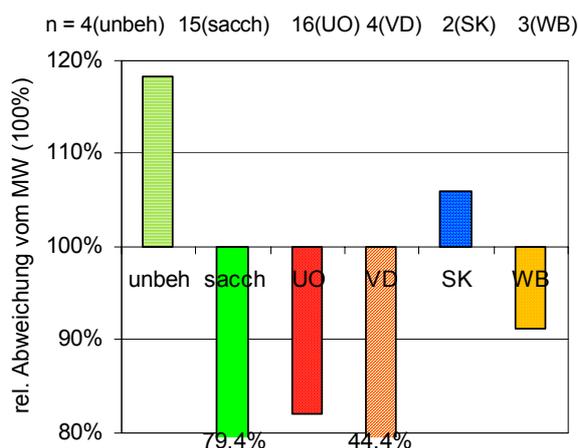


Abbildung 4.43 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte an 1-Octen-3-ol im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Die pilzige Aromakomponente 1-Octen-3-ol (Abbildung 4.43), im Wesentlichen durch den Botrytis-pilz gebildet, wurde bei VD in den niedrigsten Konzentrationen gefunden. Ein signifikanter

Unterschied ergab sich nur gegenüber der unbehandelten Variante. Da in den meisten Versuchsreihen 1-Octen-3-ol nicht nachgewiesen werden konnte und der Datensatz daher klein (8 Versuchsreihen mit maximal n=16 Varianten) war, ergaben sich keine weiteren signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Varianten. Tendenziell schien die VD-Variante die niedrigsten 1-Octen-3-ol-Gehalte aufzuweisen. Ein weiterer Versuch zum Thema Botrytis wurde bei einem 2000er Riesling der SLFA-NW durchgeführt. Hierbei konnte in der am stärksten botrytisbelasteten Variante (95%) eine Aufkonzentrierung von 1-Octen-3-ol durch UO von 77 auf 88µg/L, also um 14,3% nachgewiesen werden. Die Aufkonzentrierung des pilzigen Fehltons war erst bei starker Botrytisbelastung des Ausgangsmaterials analytisch gut zu erfassen. Dieser Befund deutet auf eine tendenzielle Anreicherung der 1-Octen-3-ol-Gehalte durch UO hin. Der orthonasale Geruchsschwellenwert von 1-Octen-3-ol liegt mit 1µg/L in wässriger Lösung deutlich unterhalb der stark botrytisbelasteten 2000er Rieslingversuchsreihe.

4.5.2 Gehalte an Terpenalkoholen der Weißweine

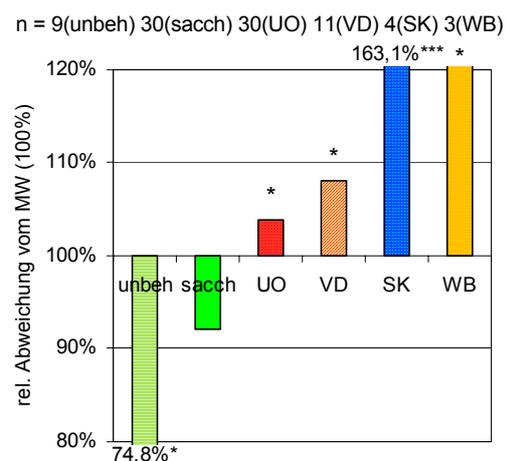


Abbildung 4.44 Technologisch bedingte Veränderungen der Linaloolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Zunächst soll an dieser Stelle auf eine nicht identifizierte, aber wahrscheinlich terpenoide Verbindung eingegangen werden. Diese Substanz wurde beim 2000er Muskateller in Konzentrationen von 130µg/L, in den Rieslingversuchsreihen in Konzentrationen von ca. 30µg/L und in Burgunderrebsorten in Konzentrationen von 5µg/L quantifiziert. Laut NIST98-Spektrenbibliothek ist die am wahrscheinlichsten (54%) erscheinende Substanz: 2,6-Dimethyl-3,7-octadien-2,6-diol. Diese Verbindung ist in Abhandlungen, die einen Überblick über Terpenalkohole im Wein liefern, allerdings nicht beschrieben worden [Schreier, Drawert 1974; Schreier, Drawert 1974; Würdig, Woller 1989]. Es

wurden weitere Untersuchungen durchgeführt, um die gesuchte Verbindung näher zu charakterisieren. Der Kovats-Index (KI) dieser Substanz wurde mit 1710 für die verwendete Polyethylenglycol-Säule (Zebron ZB-Wax (Phenomenex, Aschaffenburg, D), Länge 30m, ID 0,25mm, Belegung 0,25 μ m) bestimmt. In der Literatur wurde mit ähnlichen Indices (1731, 1758) (Z)- und (E)-Linalooloxid mit pyranoidischem Ringschluss angegeben. (Z)- und (E)-furan-Linalooloxid kommen nicht in Frage, da sie mit einem Kovats-Index von 1439, respektive 1468, angegeben wurden [Wirth, Wenfei et al. 2001]. Das Massenspektrum der gesuchten Substanz war mit dem von Terpendiol I (3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol) vergleichbar (siehe Abbildung 4.45). Terpendiol II (3,7-Dimethyl-1,7-octadien-3,6-diol) konnte es nicht sein, da dieses einen KI von 2128 [Wirth, Wenfei et al. 2001] besitzt und somit noch nach dem Terpendiol I (KI=1959) eluiert. Charakteristische Massen waren: $m/z=43(75\%)$, $67(100\%)$, $71(40\%)$, $82(95\%)$. Im Unterschied zu Terpendiol I war die $m/z=113(20\%)$ sehr ausgeprägt. Der ähnliche Bildungsweg von Terpendiol I und den Linalooloxiden über die Photohydroperoxidbildung (siehe Kapitel 2) und die gleichen Molekularmassen bestätigen die Vermutung, dass es sich bei der unbekannt Substanz um pyran-Linalooloxid handeln könnte. Ein Massenspektrum von pyran-Linalooloxid wurde dagegen von Schreier und Drawert [Schreier, Drawert 1974] wie folgt beschrieben: $m/z=41(26\%)$, $43(50\%)$, $59(80\%)$, $67(53\%)$, $68(100\%)$, $79(20\%)$, $78(19\%)$, $94(63\%)$. Dies widerspricht dem gefundenen Spektrum in wesentlichen Punkten. Intensive Recherchen von Ion-Trap-MS-Spektren essenzieller Ölkompnenten [Adams 1995] führten zu keiner Alternative. Daher wurde die fragwürdige Substanz in dieser Arbeit als „nicht identifiziertes Terpendiol“ mit einem Vermerk auf dieses Kapitel bezeichnet.

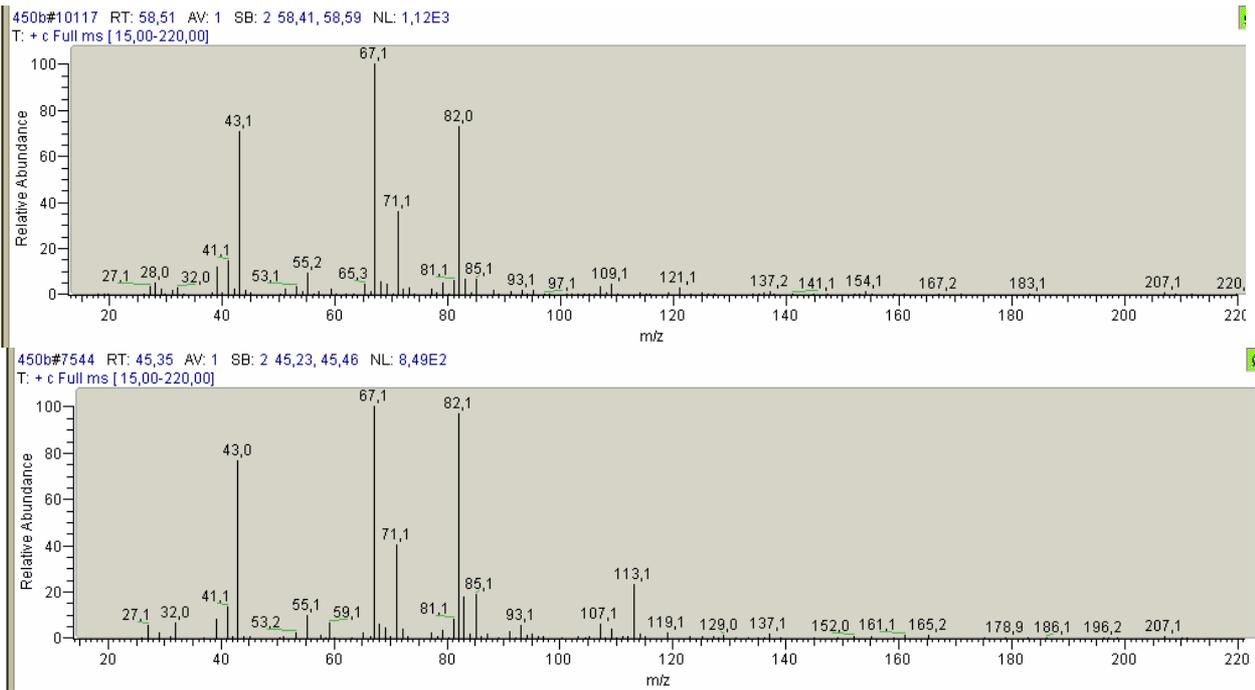


Abbildung 4.45 Vergleich der Massenspektren von Terpendiol I oben (KI(Wax)=1959) und der nicht identifizierten Substanz unten KI(Wax)=1710

Bei Linalool (3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol) (Abbildung 4.44), Hotrienol (3,7-Dimethyl-1,5,7-octatrien-3-ol) (Abbildung 4.46) und dem „nicht identifizierten Terpendiol“ (Anhang 3) waren deutliche Konzentrierungseffekte feststellbar. SK zeigte bei Linalool und Hotrienol die höchsten Gehalte aller Versuchsvarianten, wobei man dieses Ergebnis aufgrund der geringen Versuchsanzahl bei SK nicht überbewerten sollte. Die unbehandelten und die saccharoseangereicherten Varianten schnitten bei diesen drei Aromastoffen signifikant schlechter ab (Konzentrationen um 20% niedriger) als UO, VD, SK und bei den weinbaulichen Maßnahmen. Demnach reicherten längere bzw. intensivere Reifung sowie physikalische Konzentrierung diese drei Terpenalkohole an. Für Linalool ist ein orthonasaler Geruchsschwellenwert von $6\mu\text{g/L}$ in wässriger Matrix bekannt [Rychlik, Schieberle et al. 1998]. Der Mittelwert der Versuchsreihen lag mit $96\mu\text{g/L}$ deutlich über diesem Wert. Somit könnte sich jede Aufkonzentrierung oder Abreicherung der Linaloolgehalte geruchlich bemerkbar machen.

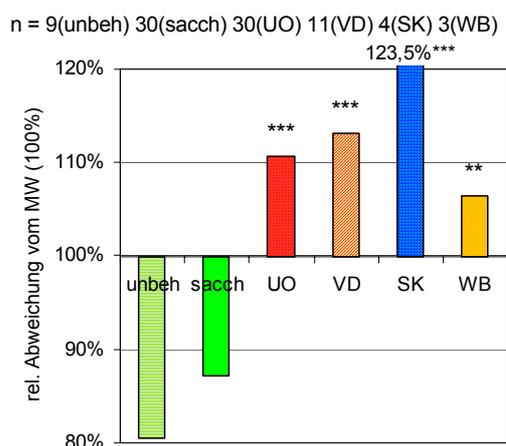


Abbildung 4.46 Technologisch bedingte Veränderungen der Hotrienolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Terpendiol I (3,7-Dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol), das charakteristisch für Riesling ist, wurde auch nur dort sowie im Müller-Thurgau (Riesling x Gutedel [Bergner, Lempeler 1998]) und im Gewürztraminer in gut quantifizierbaren Mengen gefunden. Signifikant niedrigere Gehalte wurden bei der chaptalisierten Variante gegenüber allen anderen Varianten festgestellt (Abbildung 4.47).

Bei α -Terpineol (p-Menth-1-en-8-ol) wurden keinerlei signifikante Unterschiede festgestellt.

Für Citronellol (3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol), Nerol ((Z)-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol) und Geraniol ((E)-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol) konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Für Nerol konnte allerdings nachgewiesen werden, dass die „späte Lese“ des 2001er Chardonnay mehr als doppelt so hohe Konzentrationen ($7\mu\text{g/L}$) als die Saccharosevariante und UO (je $3\mu\text{g/L}$) hervorbrachte.

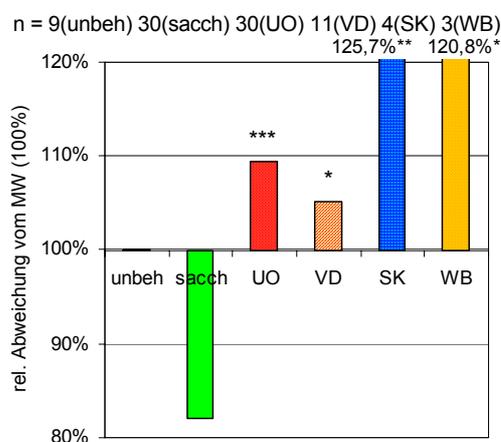


Abbildung 4.47 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte an Terpendiol I im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

4.5.3 Gehalte an Fettsäuren der Weißweine

Bei den organischen Carbonsäuren C_4 bis C_{10} (nicht abgebildet) konnten keine Signifikanzen festgestellt werden. Sie wurden nicht durch die Weinbaulichen und Kellerwirtschaftlichen Verfahren beeinflusst. Wie aus der Literatur bekannt [Bergner, Lemperle 1998], entstammten diese Verbindungen dem Hefestoffwechsel.

4.5.4 Estergehalte der Weißweine

Diese fruchtigen Aromen wurden hauptsächlich durch die Gärung beeinflusst. Als Produkte des Hefestoffwechsels und der Hefezelllyse wurden Alkohole und Säuren freigesetzt, die unter Kondensationsreaktion diverse Ester bildeten. Einflüsse durch die physikalische Konzentrierung waren nur dann zu erwarten, wenn zumindest eine der Esterkomponenten bereits im Moststadium vorlag und aufkonzentriert bzw. abgereichert wurde.

VD und die Weinbaulichen Maßnahmen zeigten bei Isoamylacetat (Birnenether, 3-Methylbutylacetat) die niedrigsten Gehalte, die unbehandelten Varianten und SK die höchsten. Dieses Ergebnis (siehe Anhang 3) war schwer erklärbar. Der Mittelwert der Isoamylacetat-Gehalte aller analysierten Versuchsweine betrug $1495\mu\text{g/L}$ und lag damit deutlich über den in der Literatur [Rychlik, Schieberle et al. 1998] angegebenen orthonasalen Geruchsschwellenwerten in wässrigen Lösungen von $88\mu\text{g/L}$.

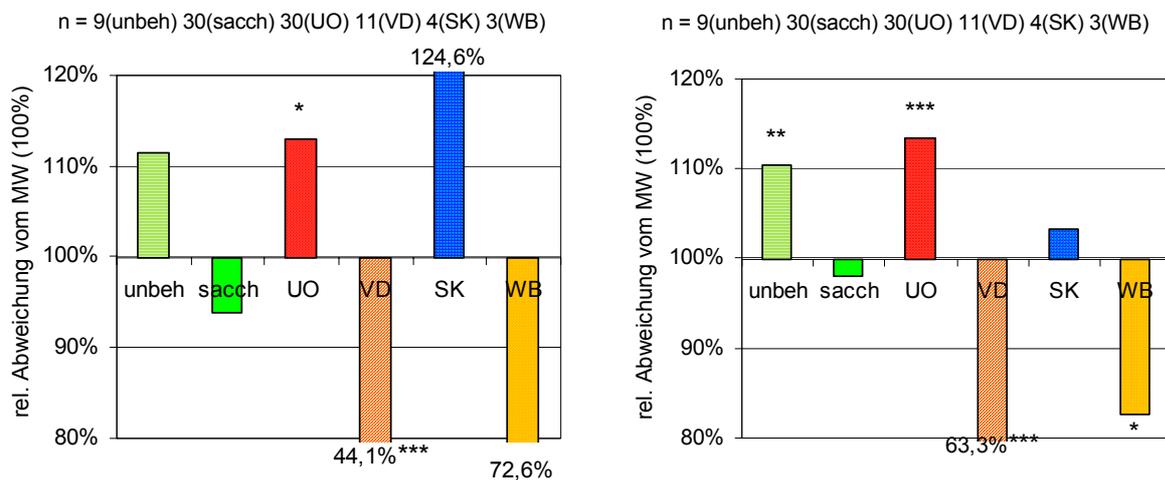


Abbildung 4.48 Technologisch bedingte Veränderungen der Hexylacetatgehalte (links) und der Hexan-1-olgehalte (rechts) im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei Ethylhexanoat und Ethyloctanoat (siehe Anhang 3) konnten keinerlei signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Deutliche Unterschiede wurden dagegen bei Hexylacetat (Abbildung 4.48) gefunden: UO hatte signifikant höhere Konzentrationen als die Saccharosekontrolle, VD hatte signifikant geringere Konzentrationen als die Kontrolle. UO unterschied sich von VD und der Weinbau-Variante. Letztere lag auch unter (nicht signifikant) den Konzentrationen der Saccharosekontrolle. Dieser Sachverhalt bestätigte eindeutig den in Kapitel 4.5.1 erhaltenen Befund (Abbildung 4.48). Durch geringere Konzentrationen von Hexan-1-ol, sei es durch Verdampfung im Most oder durch niedrigere Konzentrationen im Most aufgrund besserer Reife, wurde auch die Esterbildung mit diesem Alkohol deutlich eingeschränkt. UO reicherte Hexan-1-ol nachweislich an und dementsprechend stiegen die Hexylacetatkonzentrationen. Der Mittelwert der Hexylacetat-Gehalte aller analysierten Versuchsweine betrug 92 μ g/L und lag damit deutlich über den in der Literatur [Rychlik, Schieberle et al. 1998] angegebenen orthonasalen Geruchsschwellenwerten in wässrigen Lösungen von 5 μ g/L. Der von Hexylacetat hervorgerufene Geruchseindruck „fruchtig“ könnte durch die physikalische Mostkonzentrierung je nach angewendetem Verfahren beeinflusst worden sein.

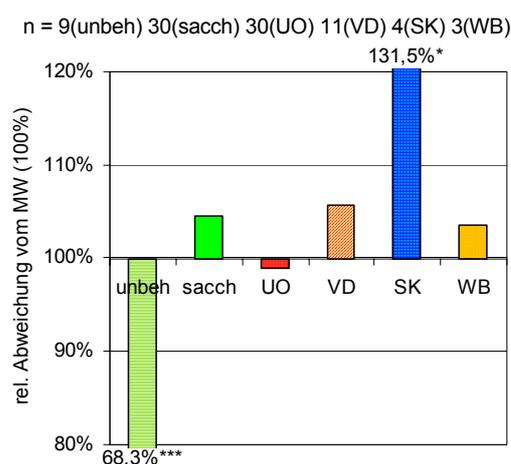


Abbildung 4.49 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte an Diethylsuccinat im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei Ethyllactat (nicht abgebildet) konnte man signifikante Unterschiede zwischen VD im Vergleich zur unbehandelten Variante, UO und den weinbaulichen Maßnahmen feststellen. Dabei lagen die Konzentrationen von VD mehr als 50% über denen der übrigen genannten Varianten. Diese Unterschiede stammten hauptsächlich aus einer 2000er Riesling-Versuchsreihe, bei der bei VD ein biologischer Säureabbau stattgefunden hatte und somit die Milchsäuregehalte vergleichsweise hoch waren. Dieses Ergebnis deutet nicht auf einen allgemein gültigen Sachverhalt hin.

Da Bernsteinsäure ein Nebenprodukt des Hefestoffwechsels ist (Citratzyclus) [Bergner, Lemperle 1998], war seine Bildung bei der unbehandelten Variante eingeschränkt, da aufgrund des niedrigeren Zuckergehaltes auch die Hefeaktivität geringer war. Bedingt durch den niedrigeren Alkoholgehalt und

die niedrigere Bernsteinsäurekonzentration war die Bildungsrate des Bernsteinsäurediethylsters (Abbildung 4.49) ebenfalls geringer. Dies konnte im Vergleich mit allen übrigen Varianten bestätigt werden. SK zeigte signifikant höhere Gehalte an Diethylsuccinat als UO und VD. Der Grund hierfür war die oftmals leicht höhere Anreicherung aufgrund der in Kapitel 4.2.3 geschilderten Probleme.

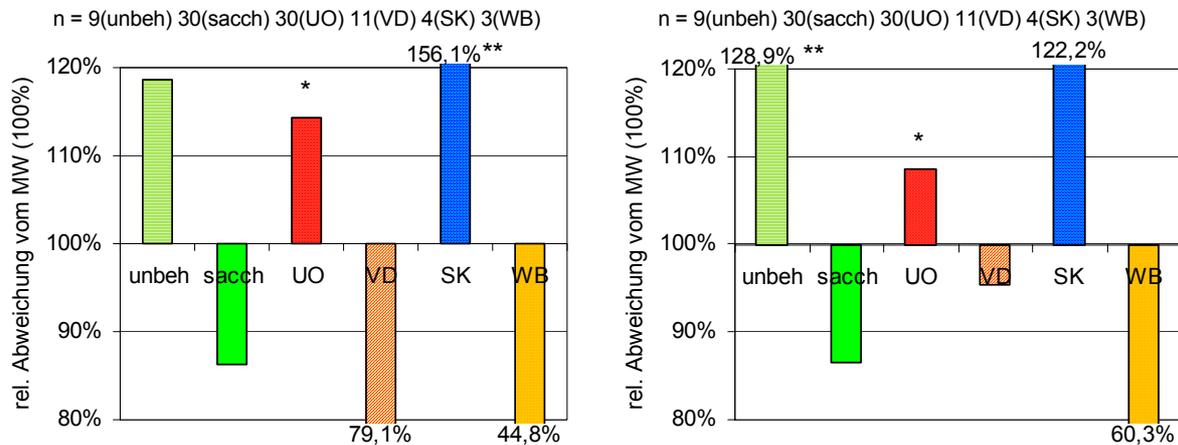


Abbildung 4.50 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte an Phenylethylacetat (links) und 2-Phenylethan-1-ol (rechts) im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Signifikant höhere Gehalte an Phenylethylacetat (Abbildung 4.50) von UO, SK gegenüber saccharoseangereicherten Varianten und weinbaulich beeinflussten Varianten bestätigten das Ergebnis der 2-Phenylethan-1-ol-Konzentrationen (Abbildung 4.50). Da es bei diesem Alkohol Unterschiede gab, wurde auch seine Esterbildung gefördert bzw. behindert. VD hatte von diesem Ester und seiner Alkoholkomponente auffällig niedrige Konzentrationen. Dies wies auf eine Abreicherung im Moststadium hin. Der Mittelwert der Phenylethylacetat-Gehalte aller analysierten Versuchsweine betrug $242\mu\text{g/L}$ und lag damit deutlich über den in der Literatur [Rychlik, Schieberle et al. 1998] angegebenen retronasalen Geruchsschwellenwerten in wässrigen Lösungen von $20\mu\text{g/L}$. Ähnlich wie beim Hexylacetat könnte der von Phenylethylacetat hervorgerufene Geruchseindruck „blumig, fruchtig“ durch die physikalische Mostkonzentrierung je nach angewendetem Verfahren beeinflusst worden sein.

Für Isoamylacetamid (siehe Anhang 3) wurden signifikant höhere Konzentrationen bei den Varianten mit weinbaulichen Anreicherungsverfahren bestimmt als für alle übrigen Varianten, so dass diese Substanz möglicherweise einen Reifeindikator darstellt (siehe Kapitel 5.1). Isoamylacetamid konnte nicht bei allen Versuchsreihen nachgewiesen werden. Im Mittel wurden $8\mu\text{g/L}$ gemessen.

4.6 Ergebnisse der deskriptiven Sensorik der Weißweine

Das Prüferpanel hatte die Aufgabe, die Weißweine auf die in Kapitel 3.4.15.2 beschriebenen Parameter hin zu untersuchen (siehe Abbildung 4.51 bis Abbildung 4.53).

Die dargestellten Einzelversuchsreihen (Abbildung 4.51) sind die gleichen wie in Kapitel 4.5. Die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten bezüglich der Aromastoffgehalte wurden sensorisch bestätigt. So zeigten die später gelesenen 2001er Weißburgunder mehr „Körper“, „Apfel“, „Maracuja“ und „blumig“ als ihre früh gelesenen Pendanten. Dies war auch bei der später gelesenen UO-Variante des 2001er Rieslings und beim 2001er Chardonnay (Abbildung 4.52) der Fall. Bei jeder Versuchsreihe, insbesondere bei den früh gelesenen Varianten zeigte sich das Säureempfinden nach UO-Mostkonzentrierung sehr ausgeprägt (siehe Tabelle 4.4).

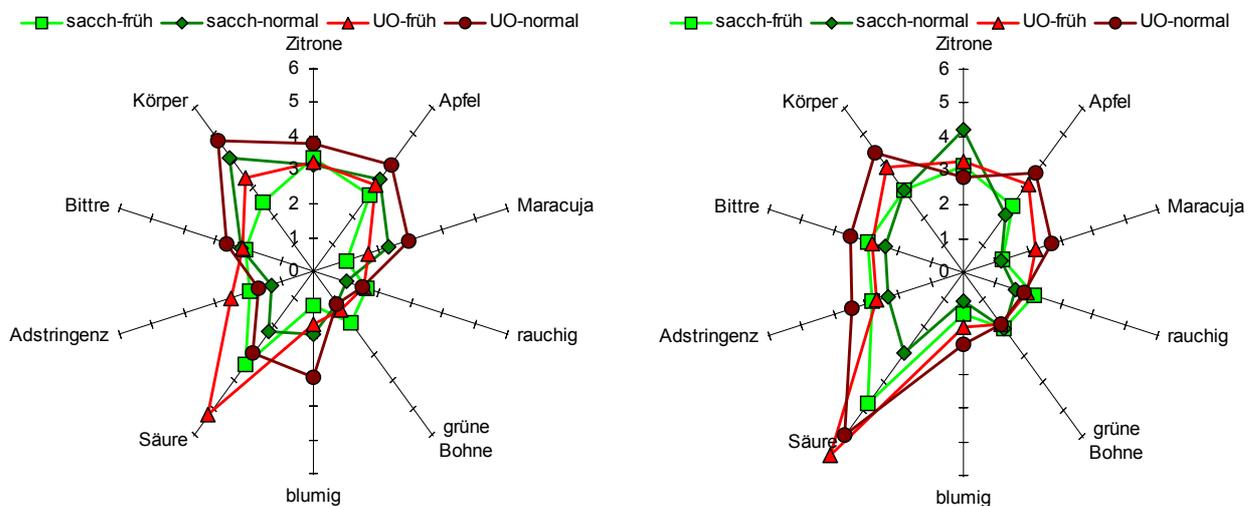


Abbildung 4.51 Technologisch bedingte Veränderungen der sensorischen Eigenschaften im 2001er Weißburgunder (linkes Bild) und im 2001er Riesling (beide SLFA-NW, Pfalz)

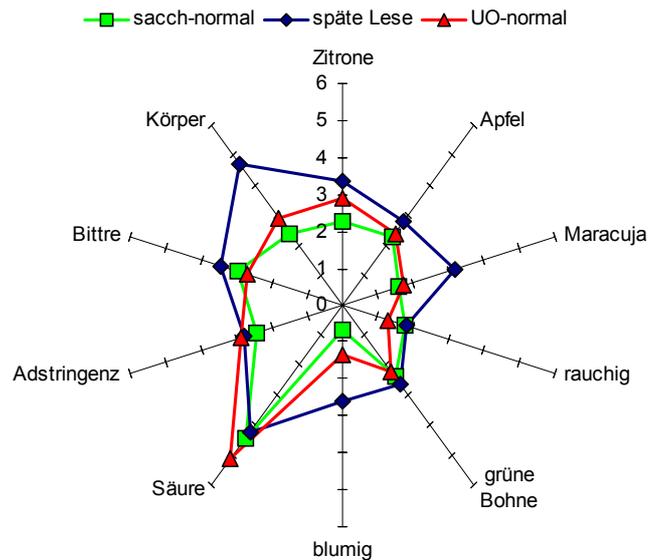


Abbildung 4.52 Technologisch bedingte Veränderungen der sensorischen Eigenschaften im 2001er Chardonnay (Pfalz); normale Lese: 18. Oktober mit 80°Oe, späte Lese: 30. Oktober mit 90°Oe

Tabelle 4.4 pH- und Säure-Werte zu Abbildung 4.51 und Abbildung 4.52

Rebsorte	Variante	pH	titrierbare Säure
Weißburgunder (früh)	Saccharose	3,04	8,3
	UO	2,95	10,1
Weißburgunder (normal)	Saccharose	3,42	6,0
	UO	3,44	6,7
Riesling (früh)	Saccharose	2,87	10,5
	UO	2,73	13,2
Riesling (normal)	Saccharose	2,90	8,9
	UO	2,86	9,8
Chardonnay	Saccharose	3,12	8,3
	UO	3,14	9,2
	späte Lese	3,45	8,2

Die deutlichste Bestätigung dafür, dass weinbauliche Maßnahmen (längere Vegetationszeit) größere Erfolge beim Wein erzielen können als die Mostkonzentrierung, lieferte die spät gelesene Variante beim 2001er Chardonnay. Wie bereits erwähnt zeigte sie doppelt so hohe Bewertungen bei „Maracuja“, „Blume“ und „Körper“, gleichzeitig wurde sie säureärmer beschrieben als die Saccharosekontrolle und UO, was auch in Tabelle 4.4 analytisch bestätigt wurde. Die Mostkonzentrierung brachte dagegen bei dieser Versuchsreihe nur geringfügige sensorische Verbesserungen. Ein vergleichbares Ergebnis wurde bei dem blumigen Aromastoff Nerol in Kapitel 4.5.2 gefunden.

Um allgemein gültigere Aussagen über die sensorischen Auswirkungen der Mostkonzentrierung und anderer kellerwirtschaftlicher und weinbaulicher Maßnahmen treffen zu können, wurden die Varianten

sämtlicher verkosteter Weißweinversuchsreihen, wie in den vorigen Kapiteln, auf den Mittelwert der Versuchsreihe relativiert. Die Attribut-Mittelwerte dieser Versuchsvarianten sind in Abbildung 4.53 dargestellt. Aufgrund der Anzahl der verkosteten Varianten machte eine statistische Untersuchung wegen des Normalverteilungskriteriums nur Sinn bei: unbehandelt, saccharoseangereichert, UO, VD, SK. Die Varianten Ausdünnung im Weinberg und späte Lese fielen bei der allgemeinen Betrachtung weg.

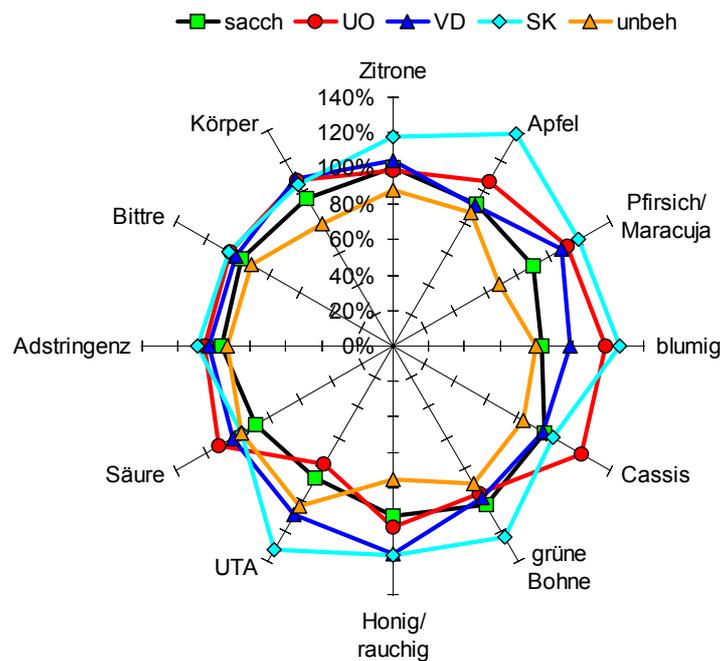


Abbildung 4.53 Technologisch bedingte Veränderungen der der deskriptiv sensorischen Beschreibung der Weißweine relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001)

Beim Attribut „Zitronen“ wurden die unbehandelten Varianten am niedrigsten bewertet, signifikant niedriger als die Saccharoseanreicherung, VD und SK. SK wurde am höchsten bewertet, signifikant höher als die unbehandelte, die saccharoseangereicherte und die UO-Variante. Dabei fiel auf, dass Saccharoseanreicherung, UO, VD auf einem Niveau um den Mittelwert der Versuchsreihen (100%) bewertet wurden, während die unbehandelte Variante deutlich darunter (87%) und SK deutlich darüber (117%) blieben.

Auch beim Attribut „Apfel“ wurde die Gefrierkonzentrierung mit Abstand am höchsten bewertet, gefolgt von UO, immer noch signifikant höher als saccharoseangereichert, VD und unbehandelt.

Bei „Pfirsich“ und „Maracuja“, das erstgenannte Attribut wurde bei den 1999er, das letztgenannte bei den 2000er und 2001er Weinen angewendet, sah man deutliche Konzentrierungseffekte. UO, VD und SK unterschieden sich untereinander nicht, wurden jedoch signifikant besser beurteilt als die unbehandelte und die saccharoseangereicherte Variante.

SK zeigte beim Negativattribut „grüne Bohne“ die höchsten Bewertungen, signifikant höher als die unbehandelte Variante und UO. Ansonsten gab es keine Signifikanzen.

„Honig/rauchig“, wobei für die 00er und 01er Weine nur „rauchig“ bewertet wurde, brachte die signifikant niedrigsten Werte bei der unbehandelten Variante. Die signifikant höchsten Werte wurden für VD und SK bestimmt.

Bei dem Attribut „blumig“ unterschieden UO und SK sich untereinander nicht signifikant, wurden aber deutlich (signifikant) höher bewertet als VD, Saccharoseanreicherung und unbehandelt. Dies zeigt, dass die durch die VD-Behandlung verlorenen freien blumigen Aromastoffe im Most (vgl. Kapitel 4.1.1.10) Auswirkungen auf die Weinsensorik hatten.

Bei der nur für die 99er Weine durchgeführten Verkostung auf „UTA“ (untypische Alterungsnote) wurde festgestellt, dass die SK-Weine am ehesten zu einer „UTA“-Ausprägung neigten. Die Werte waren signifikant höher als bei der saccharoseangereicherten Variante und bei UO.

Beim Säureempfinden wurden die analytisch säurereichsten Weine von UO und VD auch sensorisch am intensivsten gewertet. Die Werte waren signifikant höher als bei der Saccharosekontrolle. Die SK-Varianten wurden nicht so säurereich empfunden, wohl wegen des vorausgegangenen, verstärkten Weinsteinausfalls.

Anders als bei den Rotweinen wurden bei den Weißweinen keinerlei signifikante Unterschiede bei „bitter“ und „adstringent“ festgestellt. Dies deutet darauf hin, dass die analytisch messbare Zunahme des Gesamtphenolgehaltes (vgl. Kapitel 4.2.8) bei Weißweinen sensorisch ohne Auswirkungen bleibt.

Deutliche Konzentrierungseffekte konnten beim Attribut „Körper“ erkannt werden, was durch die Extraktmessungen bestätigt werden konnte (Kapitel 4.2.4). Die Kontrollvarianten (unbeh, sacch) lagen signifikant unter UO, VD und SK.

4.6.1 Korrelation aromaanalytischer und deskriptiv sensorischer Weißweindaten

Betrachtete man die Weißwein-Versuchsreihen, so wurden ebenfalls einige Korrelationen zwischen Aromastoffen und Sensorikattributen erkennbar:

„Zitrone“ korrelierte negativ mit Hexan-1-ol und Terpendiol 1 und „Apfel“ korrelierten negativ mit Isoamylacetamid. Diese Zusammenhänge entstanden zufällig und sind nicht erklärbar.

Für den Aromaeindruck „Pfirsich“ wurden keine Korrelationen mit den in der Aromaanalyse quantifizierten Substanzen gefunden, da die für diesen Geruchseindruck häufig verantwortlichen Lactone mit der in dieser Arbeit durchgeführten Methode nicht erfasst werden konnten (z.B. γ -Decalacton, Geruchsschwelle orthonasal zwischen 5 und 11 $\mu\text{g/L}$ [Rychlik, Schieberle et al. 1998]).

„Rauchig“ korrelierte sehr gut mit den „stechenden“ Aromen Isoamylalkohol und Hexansäure, darüber hinaus war „rauchig“ negativ mit vielen blumigen Terpenalkoholen korreliert.

„Grüne Bohne“ korrelierte gut mit Isoamylalkohol und dem süß schmeckenden Butan-2,3-diol sowie der nach Ziege riechenden Hexansäure. Negativ korreliert war dieses Attribut mit den fruchtigen bzw. blumigen Aromen 2-Phenylethylacetat und Geraniol.

„Blumig“ korrelierte höchst signifikant mit den blumigen Terpenalkoholen: Linalool, Hotrienol, Terpeneol, Citronellol, Geraniol, Nerol und dem „nicht identifizierten Terpendiol“ (siehe Kapitel 4.5.2). Außer dem Terpendiol I waren sämtliche quantifizierten Terpenalkohole mit dem Attribut „blumig“ korreliert. Dieses Ergebnis zeigte, dass „blumiges“ Geruchsempfinden beim Wein sich nahezu ausschließlich auf terpenoide Verbindungen begründet. Als Leitsubstanz kann dabei das Linalool gelten, da es leicht zu quantifizieren und am besten (zu 81%) mit dem Attribut „blumig“ korreliert ist.

„Körper“ korrelierte mit Hexan- und Octansäure sowie deren fruchtigen Ethylestern und mit 1-Octen-3-ol. Hexan- und Octansäure tragen zum Gesamtextrakt eines Weines bei. Die pilzige, durch Botrytisbefall entstandene Komponente 1-Octen-3-ol hängt ebenfalls indirekt mit dem Extraktgehalt zusammen. Je mehr Botrytis, desto mehr 1-Octen-3-ol, Glycerin und Wasserverlust in der Traube und somit mehr Extrakt sind vorhanden. Der Weinextrakt ist vor allem für den „Körper“ eines Weines verantwortlich. Insofern sind die beobachteten Korrelationen zwischen „Körper“ und den genannten Aromastoffen nachvollziehbar.

Tabelle 4.5 Korrelationen (r) der Absolutwerte deskriptiv, sensorischer und aromaanalytischer Daten aus 2000er und 2001er Weißweinen (n = 20 Varianten * 2 Gär-WH bzw. Verkostungs-WH); markierte Werte korrelieren höchst signifikant (p<0,001)

	ZITRONE	APFEL	PFIRSICH	RAUCHIG	GRÜNE BOHNE	BLUMIG	KÖRPER
ISOAMYLACETAT	0,27	0,39	-0,05	0,29	0,33	-0,33	0,02
ETHYLHEXANOAT	-0,03	0,30	-0,02	0,58	0,44	-0,40	0,58
HEXYLACETAT	-0,09	0,34	0,10	-0,08	0,00	0,15	0,32
ETHYLLACTAT	-0,29	-0,18	-0,51	0,47	0,45	-0,45	-0,11
ETHYLOCTANOAT	-0,08	0,27	0,07	0,57	0,44	-0,46	0,64
DIETHYLSUCCINAT	0,11	-0,07	0,07	-0,44	-0,64	-0,12	-0,33
PHENETHYLACETAT	-0,10	0,14	0,05	0,26	0,42	-0,10	0,19
ETHYLCINNAMAT	0,11	0,30	0,46	-0,19	-0,30	-0,05	0,47
ISOAMYLACETAMID	-0,47	-0,62	-0,19	-0,22	-0,20	-0,18	-0,01
ISOAMYLALKOHOL	0,02	0,17	-0,24	0,75	0,81	-0,40	0,23
HEXANOL	-0,57	-0,16	0,02	-0,20	-0,31	0,01	0,32
HEXENOL	-0,35	-0,08	-0,02	0,29	0,32	-0,34	0,38
OCTENOL	-0,27	-0,02	0,30	0,05	0,06	0,09	0,67
BUTANDIOL	-0,27	-0,01	-0,22	0,67	0,75	-0,34	0,22
OCTANOL	0,27	0,33	0,05	0,48	0,35	-0,67	0,30
PHENETHYLALKOHOL	-0,08	0,22	0,12	0,32	0,37	-0,04	0,32
LINALOOL	-0,24	-0,29	0,13	-0,58	-0,33	0,81	-0,23
HOTRIENOL	-0,32	-0,31	0,08	-0,52	-0,41	0,75	-0,21
TERPINEOL	-0,36	-0,38	0,05	-0,62	-0,43	0,74	-0,28
n. ident. TERPENDIOL (Kapitel 4.5.2)	-0,17	-0,25	0,08	-0,64	-0,49	0,79	-0,32
TERPENDIOL 1	-0,70	-0,52	-0,06	-0,17	-0,23	-0,15	0,12
CITRONELLOL	-0,01	-0,13	0,14	-0,64	-0,48	0,78	-0,34
NEROL	0,01	-0,04	0,16	-0,52	-0,32	0,83	-0,20
GERANIOL	-0,20	-0,27	0,07	-0,74	-0,63	0,72	-0,36
BUTTERSÄURE	0,36	0,28	-0,04	0,09	-0,09	-0,04	0,08
HEXANSÄURE	0,09	0,42	0,04	0,63	0,56	-0,09	0,66
OCTANSÄURE	-0,10	0,32	0,01	0,54	0,51	-0,14	0,61

Die der Tabelle 4.5 zugrunde liegenden Rohdaten (Weine in Gärwiederholung für die Analytik bzw. in Verkostungswiederholung für die Sensorik) wurden der besseren Übersicht halber in einer PCA Abbildung 4.54 zusammengefasst. Dabei wurden, wie in den vorherigen Kapiteln, die relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe berechneten Einzelgehalte bzw. -bewertungen verwendet, um Einflüsse der Rebsorten auszuschließen.

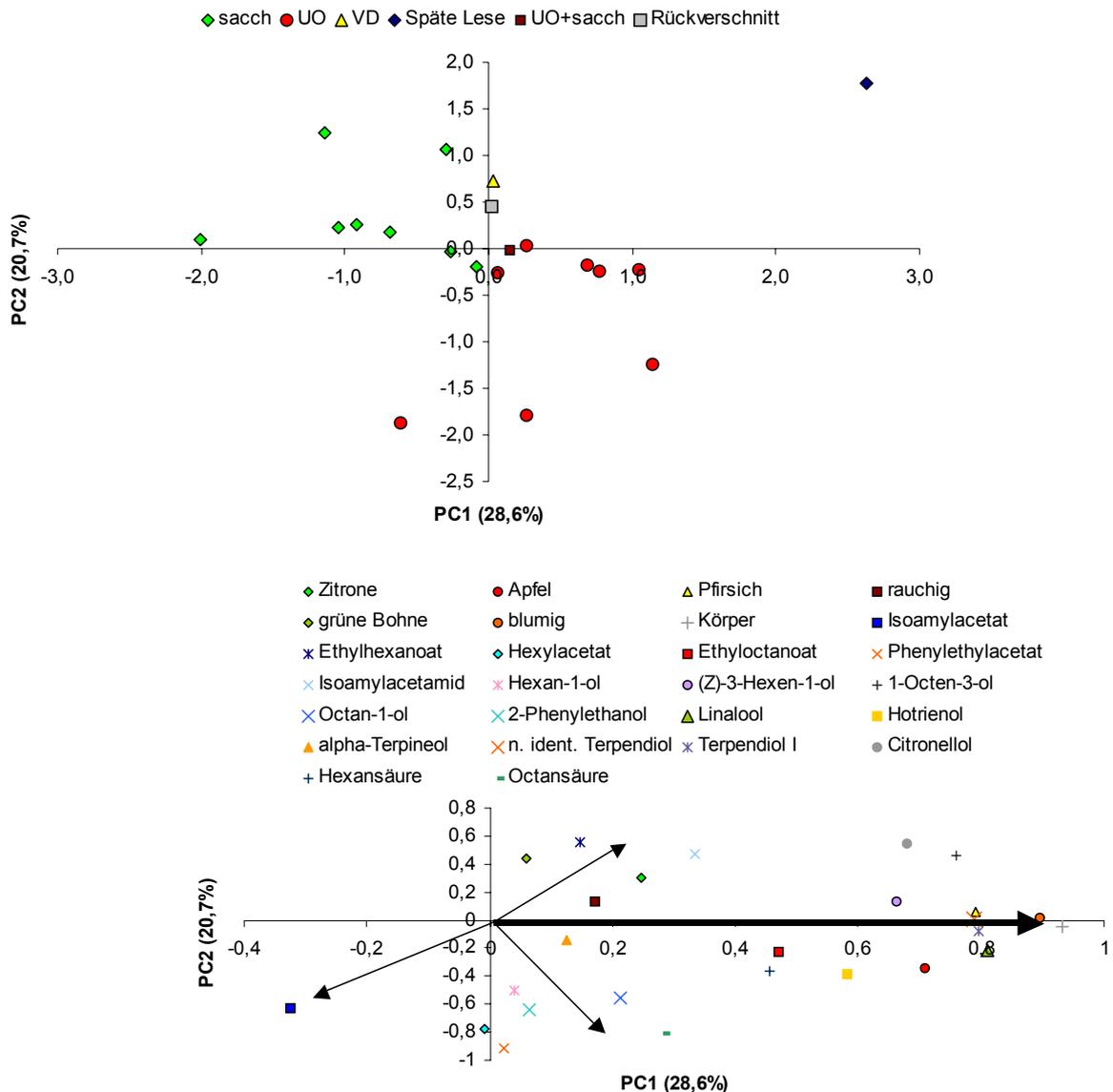


Abbildung 4.54 PCA Weißweinaromen und deskriptive Sensorik. „Scores“ (oben): 6 Versuchsreihen mit 20 Weinen; „Loadings“ (unten): 19 Aromastoffe und 7 Sensorikattribute. (weitere Erklärungen im Text)

Die in Abbildung 4.54 dargestellte PCA erklärt 49% der Gesamtvarianz der Versuchsvarianten bezüglich der zugrunde liegenden Aromastoffe und deskriptiv sensorischen Bewertungen. Die Verschiebung der „scores“ (Versuchsvarianten) auf der zweidimensionalen Ebene (oberer Abbildungsteil) ist vor allem durch die „loadings“ beeinflusst, die einen großen Beitrag in Richtung positive PC1 leisten (dicker Pfeil unterer Abbildungsteil). Dazu zählen die Attribute „blumig“, „Pfirsich“, „Apfel“ und „Körper“ und die meisten Terpenalkohole wie Linalool, Citronellol, Hotrienol, das „nicht identifizierte Terpendiol“ (siehe Kapitel 4.5.2) sowie (Z)-3-Hexen-1-ol, 1-Octen-3-ol, Ethylhexanoat, Ethyloctanoat und n-Hexansäure. Auf die PC2 wirken in negative Richtung 2-Phenylethylacetat, 2-Phenylethanol, Hexylacetat und Hexan-1-ol.

Man erkennt, dass die UO-konzentrierten Versuchsvarianten deutlich von den chaptalisierten Kontrollvarianten getrennt sind und zwar in positive Richtung der PC1 und leicht in negative Richtung der PC2 verschoben. Dies bestätigt die Ergebnisse aus den aromaanalytischen und sensorischen Untersuchungen. Durch die physikalische Konzentrierung werden Vorläufersubstanzen aufkonzentriert. Später im Wein liegen höhere Konzentrationen an „blumigen“ Terpenalkoholen aber auch an einigen anderen fruchtigen Aromastoffen vor, was sich in Höherbewertungen bei der deskriptiven Sensorik bemerkbar macht.

Ebenfalls gut zu erkennen ist, dass die einzige in diese PCA eingeflossene VD-Variante (2000er Muskateller) gegenüber der UO deutlich in positive Richtung der PC2 verschoben ist, da sie bei den genannten, negativ auf die PC2 einwirkenden Aromastoffen vergleichsweise niedrige Konzentrationen aufweist.

Weiterhin ist die Sonderstellung der Variante „Späte Lese“ des 2001er Chardonnay aus der Pfalz zu erkennen. Diese Variante setzt sich sehr weit in positive Richtung der PC1 (blumig, Terpene) und in positive Richtung der PC2 (Isoamylacetamid) von den übrigen Varianten ab. Dies unterstreicht das im Weinberg liegende, große Potential eines Weines.

4.7 Auswirkungen der Weinkonzentrierung auf die Gehalte der Weininhaltsstoffe und die Weinsensorik

Nach derzeit gültigem deutschen Weinrecht ist die Weinkonzentrierung nicht erlaubt. Bei diesem Verfahren wird das Wasser direkt aus dem Wein entfernt. Man spart sich den Umweg über den Most. Das Verfahren der Vakuumverdampfung schied dabei aus, weil dadurch das Weinbukett verloren ginge, ähnlich wie in Abschnitt 4.1.1.10 beschrieben. Auch mit der Kryokonzentrierung wurde beim Wein nicht gearbeitet.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse dargestellt werden, die im Jahrgang 2000 und 2001 zum Thema Weinkonzentrierung mittels UO erhalten wurden.

4.7.1 Gehalte nicht flüchtiger Inhaltsstoffe nach UO-Weinkonzentrierung

Fünfzehn Versuchsreihen wurden im Versuchsmaßstab mittels UO konzentriert. Bei nahezu allen untersuchten Parametern konnten signifikante Anreicherungen nach der Weinkonzentrierung festgestellt werden. Nur sehr wenige Weininhaltsstoffe permeierten ins abgetrennte Wasser.

In Tabelle 4.6 wurde jede Analysevariable der unbehandelten Variante als 100% gesetzt und dazu die relative Abweichung der Weinkonzentrierungsvariante und des Permeates berechnet. Die

unterschiedlichen Signifikanzniveaus gegenüber der unbehandelten Variante wurden mit Sternen gekennzeichnet.

Tabelle 4.6 Konzentrationsveränderung wertgebender Inhaltsstoffe durch Weinkonzentrierung mittels UO (n = 15); Sterne geben Signifikanzniveau gegenüber der unbehandelten Variante an

Analyt	Unbehandelt (100%)	Weinkonzentrierung	Permeat
Weinsäure	2,3 g/L	98,0%	0,4%***
Äpfelsäure (bzw. Milchsäure in Äpfelsäure umgerechnet)	3,8 g/L	119,9%***	1,0%***
Shikimisäure	45 mg/L	116,4%***	0,4%***
Essigsäure	0,4 g/L	121,3%	95,1%
Zitronensäure	0,2 g/L	122,9%*	0,7%***
Zucker	2,6 g/L	119,6%	0,1%***
Glycerin	6,3 g/L	115,8%***	1,7%***
Ethanol	85,7 g/L	109,0%**	57,6%***
pH-Wert	3,4	100,1%	106,5%***
Titrierbare Säure	6,0 g/L	110,9%***	6,5%***
Restextrakt	14,8 g/L	114,0%***	1,0%***
Kalium	913 mg/L	110,3%***	3,9%***
Calcium	115 mg/L	120,4%***	4,0%***
Magnesium	73 mg/L	118,9%***	0,6%***
Gesamtphenole	942 mg/L	117,6%***	0,1%***
E _{420nm}	0,606	119,8%*	0,5%***
E _{520nm}	1,189	118,8%*	0,4%***
E _{620nm}	0,214	122,5%*	0,9%***

Die Aufkonzentrierung war bei fast allen wertgebenden Inhaltsstoffen nachzuweisen, während die Verluste ins Permeat vernachlässigbar waren. Denn Konzentrationen unter 5% des Gehaltes im Ausgangsmaterial bedeuteten, bei durchschnittlich 15% Permeatentzug, weniger als 0,75% Verlust an der insgesamt vorhandenen Menge der betreffenden Substanz. Das heißt, dass der entsprechende Analyt nahezu vollständig im Wein verblieb und angereichert wurde oder aber anderswo während der Konzentrierung Verluste eintraten, wobei der Analyt aber nicht ins Permeat übertrat.

Zu den vollständig aufkonzentrierten Analyten zählten wie in Tabelle 4.6 gezeigt Äpfelsäure, Shikimisäure, Zitronensäure, Zucker (Glucose und Fructose), Calcium, Magnesium, Phenole und die Extraktstoffe insgesamt. Weiterhin traten keine Farbverluste ins Permeat auf, sondern die Farbintensität wurde gesteigert.

Essigsäure (60,05g/Mol) passierte nahezu ungehindert die semipermeable Membran. Es wurde eine tendenzielle, aber nicht signifikante Anreicherung um 20% durch Weinkonzentrierung gegenüber der

unbehandelten Kontrolle festgestellt. Bei den Essigsäurekonzentrationen stimmte die Massenbilanz nicht. Bei 15%vol Permeatentzug wurde im Konzentrat (85%vol der Ausgangsmenge) 103% und im Permeat (15%vol der Ausgangsmenge) weitere 14% der insgesamt vorhandenen Acetatmenge gefunden. Insgesamt käme man damit auf 117%. Dies lässt sich nur durch Messungenauigkeiten der HPLC erklären. Die Essigsäuregehalte lagen sowohl im Wein als auch im Permeat auf einem durchschnittlichen Level von 0,5g/L. Bei einer Standardabweichung von 0,03g/L (siehe Tabelle 3.12) lag das Fehlerintervall bei $\pm 2\sigma$, also bei $\pm 0,06\text{g/L}$. Dementsprechend werden die Werte nur auf eine Kommastelle genau angegeben. Bei 0,5g/L wirken sich 0,1g/L prozentual enorm aus. Damit ist die ungenaue Massenbilanz erklärt. Es ist anzunehmen, dass sowohl die Konzentrationen im Konzentrat wie auch im Permeat niedriger lagen, um auf eine ausgeglichene Massenbilanz zu kommen. Daher sind ähnliche Verhältnisse und ein ähnliches Permeationsverhalten wie bei Ethanol wahrscheinlich.

Ethanol (46,07g/Mol) ist zwar verglichen mit Essigsäure das kleinere Molekül, trotzdem permeierte Ethanol laut Tabelle 4.6 offenbar nicht so stark. Annähernd 60% der Ausgangskonzentration wurden im Permeat gefunden. Damit stimmt die Massenbilanz für Ethanol. Bei 15%vol Permeatentzug wurde im Konzentrat (85%vol der Ausgangsmenge) 92% und im Permeat (15%vol der Ausgangsmenge) 9% der insgesamt vorhandenen Ethanolmenge gefunden.

Der pH-Wert vor und nach der Weinbehandlung blieb gleich. Der pH-Wert des Permeates war allerdings deutlich höher als im Wein, da außer Essigsäure kaum eine Säure ihren Weg ins Permeat fand.

Die Weinsäurekonzentrationen lagen im konzentrierten Wein auf gleichem Niveau wie vorher. Dort fand keine Anreicherung, aber auch kein Übertritt ins Permeat statt. Als logische Schlussfolgerung ist Weinsteinausfall (Kaliumhydrogentartrat) während der Konzentrierung anzusehen. Allerdings wurden die Kaliumkonzentrationen durch diesen Weinsteinausfall nicht in gleichem Prozentsatz reduziert wie die Weinsäurekonzentrationen, da bei Kalium immerhin noch eine Anreicherung um 10% festzustellen war. Da die molare Menge von Kalium über der der Weinsäure lag, und zwar im Mittel der hier betrachteten 15 Versuchsreihen $23,3\mu\text{mol/L}$ gegenüber $15,1\mu\text{mol/L}$, wurde anteilig weniger von der Kaliummenge wie von der Weinsäuremenge benötigt. Das heißt, um 18% Weinsäure als Weinstein auszufällen, brauchte man nicht 18% der Kaliummenge, sondern nur die entsprechende Molzahl, was in diesem Zusammenhang rechnerisch 11,7% der Kaliumkonzentration ausmachte. Die restlichen 6,3% müssten im Wein angereichert werden. Tatsächlich waren im konzentrierten Wein 10,3% mehr Kaliumionen nachweisbar als im unbehandelten Wein. Dies war auf Messungenauigkeiten zurückzuführen.

Bedingt durch die Weinsäureverluste war auch die Erhöhung der titrierbaren Säure (11%) nicht so stark wie rechnerisch zu erwarten war (18%).

4.7.2 Gehalte an Anthocyanen und Phenolen nach UO-Rotweinkonzentrierung

In Kapitel 4.7.1 konnte bereits eine Phenolanreicherung von durchschnittlich 18% bei allen Weinkonzentrierungsversuchen beobachtet werden. Speziell bei den vier durchgeführten Rotweinversuchen (2000er Cabernet-Sauvignon, 2000er Lemberger, 2001er Spätburgunder und 2001er St. Laurent) wurden die Auswirkungen auf das Anthocyan- und Phenolprofil untersucht.

Im Permeat dieser Versuchsreihen konnten keinerlei Anthocyan- oder Phenolspezies quantifiziert werden. Die Konzentrationen lagen unter der Nachweisgrenze.

In den Weinen nach UO-Behandlung zeigten sich allgemein signifikante Anreicherungen aller Phenolfractionen. Im Einzelnen waren dies:

Die Kernextrakte Gallussäure (um 13%), Catechin und Epicatechin (je um 17 %) wurden signifikant angereichert. Caftarinsäure wurde signifikant um 19% aufkonzentriert. Die Kaffeesäure wurde nicht signifikant beeinflusst. Die Konzentration von Quercetin-3-glucosid wurde signifikant um 12% angehoben, während das Aglycon nicht signifikant verändert wurde.

Die an der 3-Position glycosidisch gebundenen Anthocyanidine Delphinidin, Cyanidin, Petunidin, Päonidin und Malvidin wurden alle um 13% signifikant angereichert. Ähnlich verhielten sich die am Glucoserest acetylierten bzw. cumarylierten Anthocyane. Der Quotient acetylierte-/cumarylierte-Anthocyane spielt eine große Rolle bei der Rebsortenauthentizitätsprüfung. Da sämtliche Anthocyane annähernd um den gleichen Faktor aufkonzentriert wurden, änderte sich dieser Quotient nicht, wie Tabelle 4.7 zeigt.

Tabelle 4.7 Auswirkungen der Weinkonzentrierung (WK) auf acetylierte und cumarylierte Anthocyane

Jahrg./Rebsorte/Variante	Acetylierte Anthoc. [mg/L]	Cumarylierte Anthoc [mg/L].	Quotient Acetylierte/Cumarylierte
2000 Cabernet-Sauv (unbeh)	27	9	3,00
2000 Cabernet-Sauv (WK)	30	10	3,00
2000 Lemberger (unbeh)	6	18	0,33
2000 Lemberger (WK)	7	20	0,35
2001 St. Laurent (unbeh)	35	8	4,38
2001 St. Laurent (WK)	43	10	4,30

Damit konnte gezeigt werden, dass sich durch Umkehrosmosekonzentrierung alle Rotweinphenole signifikant anreichern lassen, ohne dass die Phenolverteilung verändert wird.

4.7.3 Gehalte an Aromastoffen nach der UO-Weißweinkonzentrierung

Die Aromastoffe zeichnen sich im Allgemeinen durch ein niedriges Molekulargewicht und eine hohe Flüchtigkeit aus, so dass Verluste durch die semipermeable Membran möglich sind.

Es konnte nachgewiesen werden, dass durch die Weinkonzentrierung im Gegensatz zur Mostkonzentrierung sowohl traubenbürtige als auch während der Gärung entstandene Aromen (Gärungsnebenprodukte) aufkonzentriert wurden (Tabelle 4.8). So wurden folgende Ester und verwandte Verbindungen in vier von vier Riesling-Versuchsreihen aus 2000 und 2001 in ihren Konzentrationen angehoben: Ethylhexanoat, Ethyllactat, Diethylsuccinat, 2-Phenylethylacetat, Isoamylacetamid.

Bei folgenden Alkoholen und Terpenalkoholen wurde ebenfalls in allen Versuchsreihen eine Aufkonzentrierung beobachtet: Isoamylalkohol, Hexan-1-ol, (Z)-3-Hexenol, Butan-2,3-diol, 2-Phenylethanol, Terpeneol, Hotrienol, „nicht identifiziertes Terpendiol“ (siehe Kapitel 4.5.2).

Immerhin in drei von vier Fällen war für folgende Aromastoffe eine Anreicherung festzustellen: Isoamylacetat, Hexylacetat, Ethyloctanoat, Linalool, Terpendiol I, Hexansäure, Octansäure, Decansäure und ortho-Hydroxyzimtsäure.

Anhand der oben genannten stellvertretenden Verbindungen konnte demonstriert werden, dass Alkohole, Säuren und Ester, durch die UO-Weinkonzentrierung angereichert werden. Da mit dem in Kapitel 3.4.14.2 beschriebenen Beginn der MS-Detektion nach einem „solvent-delay“ von 7min keine Verbindungen unter einem Molekulargewicht von 88g/Mol (Isoamylalkohol) erfasst werden konnten, war dieser Befund zu erwarten gewesen. Wie in Abbildung 4.55 am Beispiel dreier Alkohole gezeigt wurde, konnte für Aromastoffe nach Weinkonzentrierung mittels UO im Rahmen der analytischen Messgenauigkeit die komplette Ausgangsmenge (100%) im Konzentrat und Permeat wiedergefunden werden. Es traten somit keine oder nur sehr geringe Verluste auf.

Tabelle 4.8 Konzentrationsveränderung von Aromastoffen durch Weinkonzentrierung mittels UO; n = 4 Rieslingversuchsreihen 2000 bis 2001

Analyt	Unbehandelt (100%)	Weinkonzentrierung	Permeat
Ethylhexanoat	382	116,5%	8,1%
Hexylacetat	83	114,6%	11,5%
Ethyllactat	292	131,3%	6,3%
Ethyl octanoat	577	106,7%	1,3%
Phenylethylacetat	164	122,7%	2,9%
1-Hexanol	400	119,2%	14,5%
(Z)-3-Hexen-1-ol	7	121,0%	n.n.
1-Octen-3-ol	7	116,0%	n.n.
2,3-Butandiol	56	147,2%	n.n.
2-Phenylethanol	1673	118,2%	4,6%
Linalool	43	106,5%	3,7%
Hotrienol	49	118,0%	n.n.
α-Terpineol	33	146,4%	n.n.
n. ident. Terpendiol	33	120,5%	n.n.
Terpendiol I	46	106,1%	n.n.
Hexansaeure	1509	131,2%	6,5%
Decansaeure	1367	128,5%	8,5%

Es gab Unterschiede bei der Verteilung der Analyten zwischen Permeat und Konzentrat. Alle Ester erreichten im Permeat maximal 5% der Konzentrationen des unbehandelten Weines, was bei 15% Permeatentzug einem absoluten Verlust von 0,75% der gesamten vorhandenen Menge entsprach.

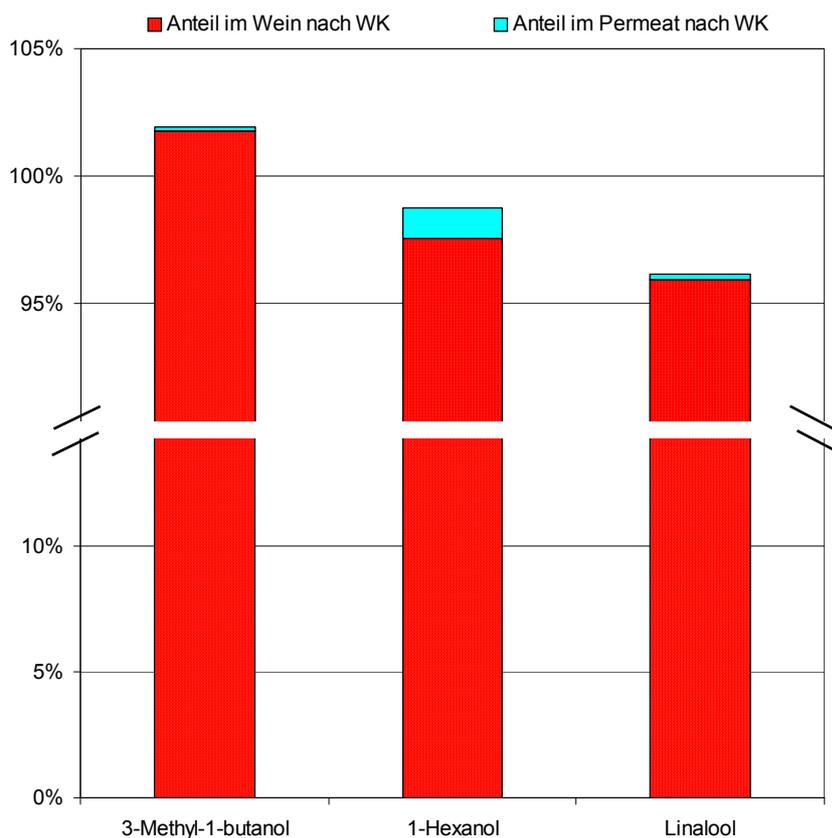


Abbildung 4.55 Mengenbilanz alkoholischer Verbindungen nach UO-Weinkonzentrierung beim 2001er Riesling SLFA-NW (11%vol Permeatentzug)

Bei den in dieser Arbeit quantifizierten alkoholischen Verbindungen waren die Verluste größer. Obwohl beim Isoamylalkohol nur 2% der Ausgangskonzentrationen im Permeat gefunden wurden, beobachtete man beim Hexan-1-ol in allen Fällen 10-18%. Dies entspricht unter Einbeziehung der abgetrennten Permeatmenge einem absoluten Verlust von 1-2% der Ausgangsmenge (siehe Abbildung 4.55). Trotz höherer Molekülmasse wurden größere Verluste festgestellt. Dies lag möglicherweise an der Stereochemie, also der Methylseitenkette von Isoamylalkohol im Vergleich zu Hexan-1-ol. Octan-1-ol konnte im Gegensatz zu Hexan-1-ol nicht mehr im Permeat quantifiziert werden (nicht abgebildet). Beim Linalool wurden durchschnittlich 5% der Ausgangskonzentrationen im Permeat gefunden, beim 2-Phenylethanol nur noch 2%, was wiederum darauf hindeutete, dass mit steigendem Molekulargewicht die Permeabilität sank.

Im Widerspruch dazu wurden bei den organischen Säuren mit sinkender Polarität, aber steigendem Molekulargewicht eine Erhöhung der Verlustrate festgestellt. So wurden bei der Hexansäure Konzentrationen von 6%, bei der Octansäure Konzentrationen von 10% und bei der Decansäure Konzentrationen von 30% der im unbehandelten Wein vorhandenen Menge im Permeat gefunden.

4.7.4 Auswirkungen der Weinkonzentrierung auf die Weinsensorik

Von den Weinkonzentrierungsversuchen wurden an der SLFA-NW drei Versuchsreihen verkostet, die auch dort angebaut worden waren: Ein 2000er Cabernet-Sauvignon aus Rheinhessen (12%vol Wasserentzug), ein 2001er Spätburgunder der SLFA-NW (13%vol Wasserentzug) und ein 2001er Riesling der SLFA-NW (11%vol Wasserentzug). Bei der deskriptiven Sensorik wurde die unbehandelte und die physikalisch konzentrierte Variante in Wiederholung verkostet. Die zu bewertenden Attribute waren die gleichen, die bereits in Kapitel 3.4.15.2 beschrieben wurden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.56 und in Abbildung 4.57 dargestellt.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die fruchtigen Aromen der Rotweine („Kirsche, Cassis, Erdbeere, grüne Paprika“) und des Rieslings („Apfel, Maracuja“) durch die Weinkonzentrierung signifikant erhöht wurden. Dies wurde durch die aromaanalytischen Ergebnisse bestätigt (siehe Kapitel 4.7.3), da fruchtige Ester und Terpenalkohole eine Anreicherung erfuhren.

„Säure“, „Adstringenz“ und „Körper“ wurden bei Rot- und Weißwein ebenfalls signifikant gesteigert. Des Weiteren wurde der Riesling nach Weinkonzentrierung signifikant bitterer empfunden als unbehandelt. Die Attribute „Rosmarin“, „würzig“, „rauchig“ und die „Farbintensität“ der Rotweine wurden nach Weinkonzentrierung tendenziell, aber nicht signifikant intensiver empfunden. Ebenso verhielt es sich mit den Attributen „blumig“ und „rauchig“ beim Riesling.

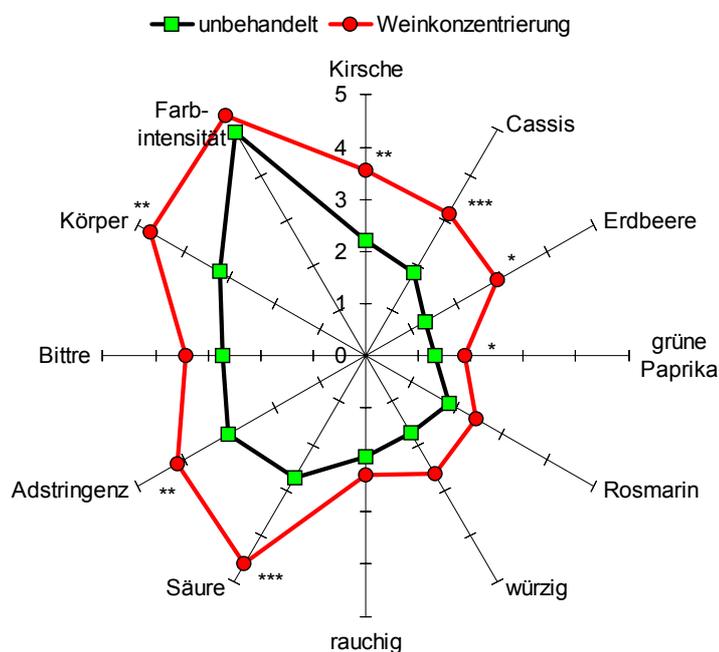


Abbildung 4.56 Deskriptive Sensorik des 2000er Cabernet-Sauvignon und 2001er Spätburgunder (dargestellt Mittelwerte der Versuchsreihen und Verkostungswiederholung); Weinkonzentrierung im Vergleich mit unbehandelt; Sterne geben das Signifikanzniveau zu unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

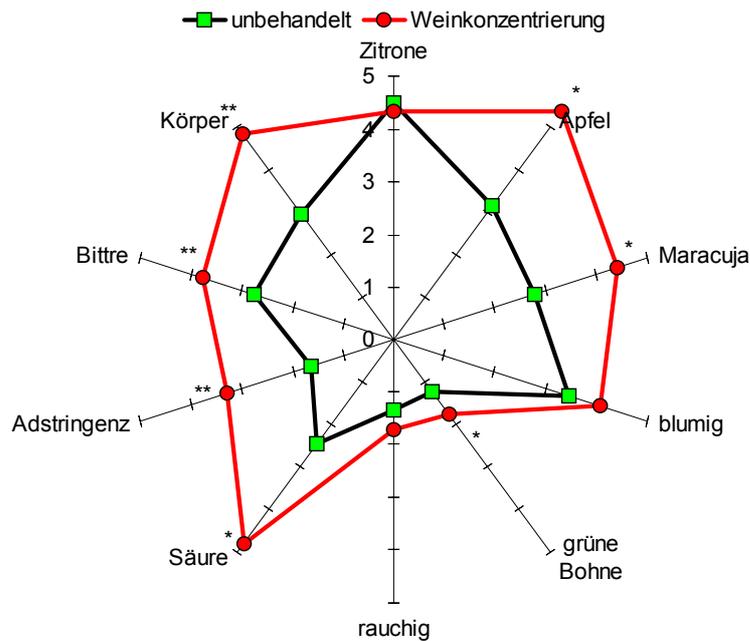


Abbildung 4.57 Deskriptive Sensorik des 2001er Riesling (dargestellt Mittelwerte der Verkostungswiederholung); Weinkonzentrierung im Vergleich mit unbehandelt; Sterne geben das Signifikanzniveau zu unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

Bei der Rangfolgeverkostung im Frühjahr 2001 wurde der 2000er Cabernet-Sauvignon nach Weinkonzentrierung von 31 Prüfern signifikant besser beurteilt als unbehandelt. Ebenfalls bei dieser Veranstaltung fanden die Prüfer bei einem 2000er Weißburgunder zwischen der unbehandelten Variante und der Weinkonzentrierung keinen signifikanten Unterschied.

Bei internen Verkostungen im Fachbereich Kellerwirtschaft der SLFA-NW schnitten sämtliche Rotweine nach Weinkonzentrierung immer besser ab als bei der unbehandelten Variante, so dass diesem Verfahren ein großes Potenzial zur Qualitätsverbesserung von fehlerfreien Weinen zugeschrieben werden kann.

Es soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass bei den roten Weinkonzentrierungs-Versuchsreihen, die an der FA Geisenheim mittels Umkehrosmose erzeugt, ausgebaut und verkostet wurden, die konzentrierte Variante signifikant schlechter bewertet wurde als das durch Mostkonzentrierung erzeugte Gegenstück. Grund dafür war ein dumpfer, an Kunststoff erinnernder Fehlton, der mal intensiver, mal weniger stark hervortrat. Dieser Fehlton war nach der Mostkonzentrierung nicht zu beobachten. Als Ursache konnte die Membran weitgehend ausgeschlossen werden, da in den Versuchsjahren 2000 und 2001, in denen dieser Fehler auftrat, unterschiedliche Anlagen verwendet wurden [Weber, Christmann et al. 2002]. Analytisch konnte bislang keine Substanz als Verursacher dieses Fehltones festgemacht werden.

Es bleibt abschließend festzuhalten, dass mit der Weinkonzentrierung eine Methode zur Verfügung steht, um die Eigenschaften eines Weines unmittelbar zu intensivieren. Eventuell durch die Behandlung eingeschleppte Fehler sind nicht mehr korrigierbar.

4.8 Ergebnisse der Kontrolle der Most- bzw. der Weinkonzentrierung

Die Mostkonzentrierung ist strengen Reglementierungen unterworfen. Die Weinkonzentrierung ist nicht erlaubt. Solange Anlagen für die Most- und Weinkonzentrierung zur Verfügung stehen, gibt es die Frage nach der Kontrolle, um Missbrauch zu vermeiden.

Während der dreijährigen Versuchsphase zum Thema Most- und Weinkonzentrierung wurde kein Analyseparameter gefunden, anhand dessen man eindeutig eine Anwendung der physikalischen Konzentrierungstechniken nachweisen konnte. Zu groß ist die Varianz der Parameter bedingt durch Jahrgangs-, Rebsorten-, Boden- oder Gebietsunterschiede.

4.8.1 Nachweis der physikalischen Konzentrierung mittels FT-IR und PCA

Da nachweislich Unterschiede zwischen Weinen nach physikalischer Mostkonzentrierung und traditionell erzeugten Weinen bestehen, wäre es denkbar, dass eine PCA von IR-Spektren nach entsprechender Eichung eine Entscheidung bringen kann, ob konzentriert wurde oder nicht. Diese PCA führte tatsächlich bis auf wenige Ausnahmen zu einer Trennung zwischen diesen beiden Varianten (siehe Abbildung 4.58). Speiste man Weine dieses Datensatzes erneut ein, gelang es sofort, eine Unterscheidung zwischen konzentriert und nicht konzentriert vorzunehmen. Auf andere Weine außerhalb des Datensatzes war diese Kalibrierung allerdings nicht anwendbar. So wurden nachweislich traditionell erzeugte Weine vom Gerät als konzentriert befunden. Das System war zu spezifisch auf diesen Datensatz ausgerichtet. Es berücksichtigte für die PCA 30 Faktoren und war damit „overfitted“, also nicht mehr universell verwendbar.

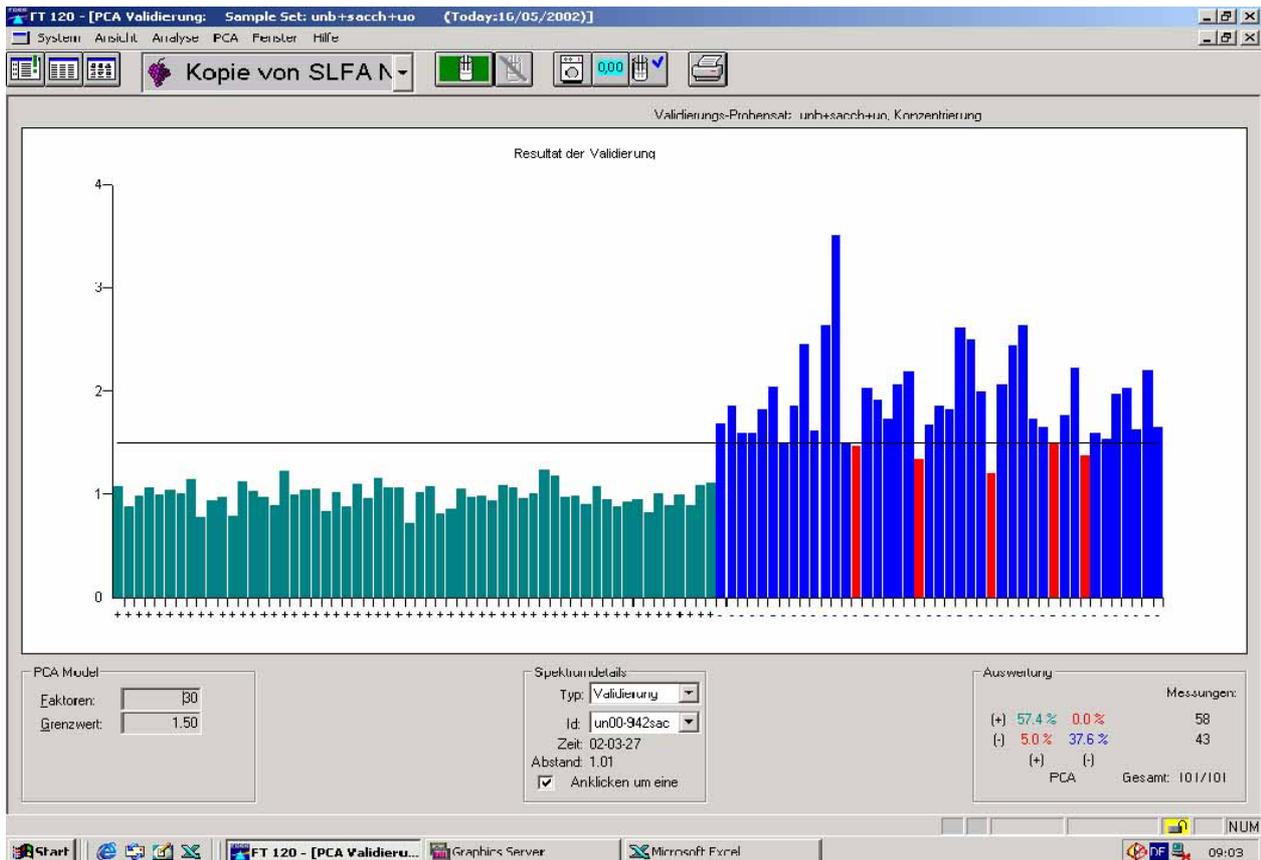


Abbildung 4.58 Mit FT-IR Winescan FT120 (Foss, Hillerød, DK) vermessener Weindatensatz; grün: traditionell erhaltene Weine; blau: Weine nach Mostkonzentrierung, als solche erkannt; rot: Weine nach Mostkonzentrierung, nicht als solche erkannt

Arbeitete man mit weniger Faktoren, konnte die Trennung zwischen konzentriert und nicht konzentriert nicht mehr erreicht werden.

Nun stellte sich die Frage, ob die extrem aufkonzentrierten Weine nachgewiesen werden könnten. Es wurden in den Jahrgängen 2000 und 2001 jeweils ca. 30L Weißmost mit Mostkonzentrierung auf ca. 140°Oe gebracht. In diesen Versuchsmengen wurden mehr als die erlaubten 20%vol Wasser, nämlich ca. 50%vol, aus dem Most entzogen. Nach Vergärung hatten diese Weine tatsächlich Auslese- oder Eisweincharakter. Diese beiden Weine, ein 2000er Riesling und ein 2001er Muskateller, wurden mit dem FT-IR eindeutig als konzentriert erkannt (Abbildung 4.59). Dabei spielte der vorhandene Restzucker keine Rolle, denn ein weiterer, traditionell erzeugter Wein (2000er Weißburgunder) wurde auf die gleichen Restzuckermengen eingestellt und nicht als konzentriert erkannt. Auch willkürlich ausgewählte Prädikatsweine wurden nicht als konzentriert erkannt. Zur Kalibrierung wurden diesmal nur Weißweine herangezogen. Von der PCA wurden nur 4 Faktoren berücksichtigt, damit waren die Ergebnisse wesentlich robuster und universell verwendbar.

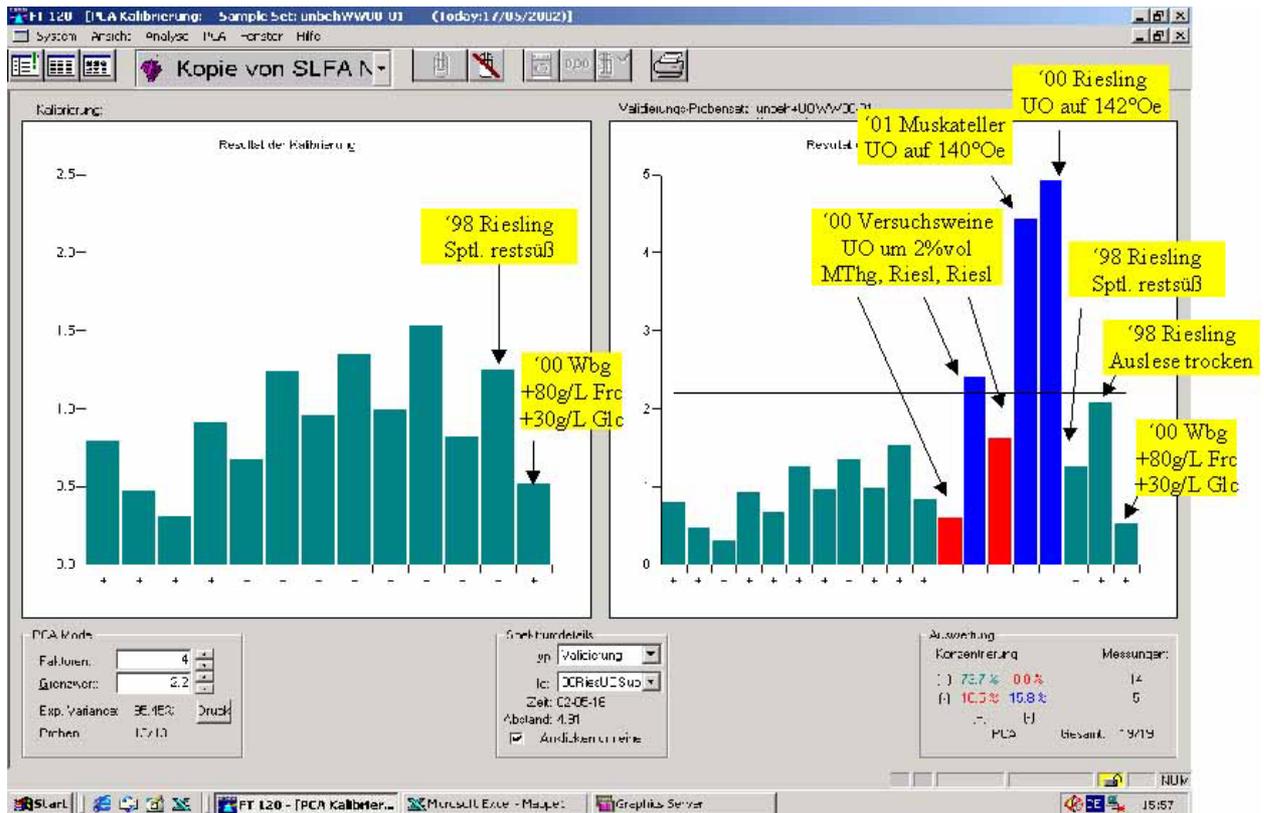


Abbildung 4.59 Mit FT-IR vermessener Weißweindatensatz; grün: traditionell erhaltene Weine; blau: Weine nach Mostkonzentrierung, als solche erkannt; rot: Weine nach Mostkonzentrierung, nicht als solche erkannt

4.8.2 Nachweis der physikalischen Konzentrierung durch sofortige Messung während des Prozesses

Mit dem Promass 63-Messgerät (Endress+Hauser, Frankfurt, D) (Abbildung 3.7) konnten während des Konzentrierungsprozesses, unmittelbar hinter der Anlage, die relative Dichte, die Temperatur und der Massestrom der zu behandelnden Flüssigkeit laufend kontrolliert werden (siehe Abbildung 4.60, Abbildung 4.61 und Abbildung 4.62). Mit diesem Gerät konnte man zum Beispiel das Anfangs- und Endmostgewicht des Konzentrierungsvorganges ablesen und somit die Anreicherungsstärke überwachen. Nach Umstellung der Formel

$$\text{Endkonzentration} = \text{Ausgangskonzentration} * 100\% / (100\% - \text{Wasserentzug}[\%vol])$$

in

$$\text{Wasserentzug}[\%vol] = 100\% - \text{Ausgangskonzentration} / \text{Endkonzentration} * 100\%$$

war der Wasserentzug erchenbar.

Mit der Aufzeichnung der Zeitspanne der Konzentrierung und des Volumenstromes konnte man nur Aussagen über die insgesamt durch die Anlage geflossene Mostmenge machen. Da aber bei den

meisten Konzentrierungsvorgängen der Most im Kreislauf gepumpt wird, ist es nicht möglich, die tatsächlich vorhandene Mostmenge zu ermitteln.

Auch die Kontrolle von Teilmengenkonzentrierungen gestaltete sich schwierig, da man nicht wissen konnte, welcher Anteil der Ausgangsmenge für die Mostkonzentrierung zur Verfügung stand und wie hoch die maximale Anreicherungsspanne der Teilmenge sein durfte.

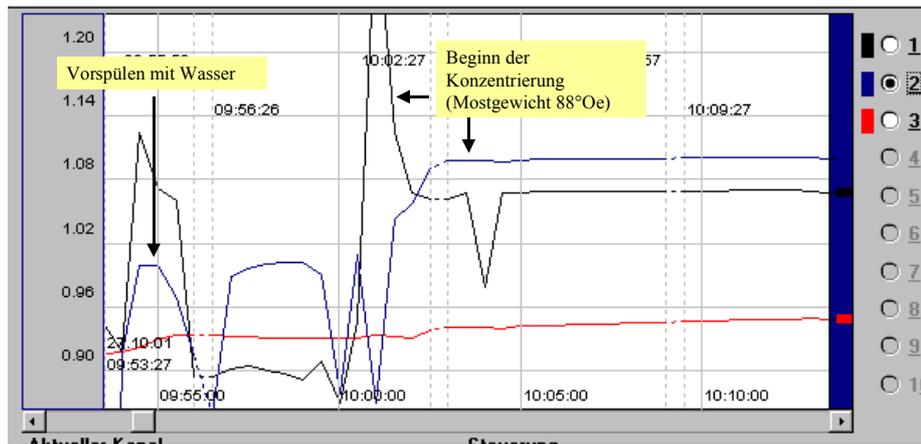


Abbildung 4.60 Beginn der Mostkonzentrierung eines 2001er Cabernet-Sauvignon MG (Teilmenge). rot: Temperaturverlauf, schwarz: Volumenstrom, blau: relative Dichte

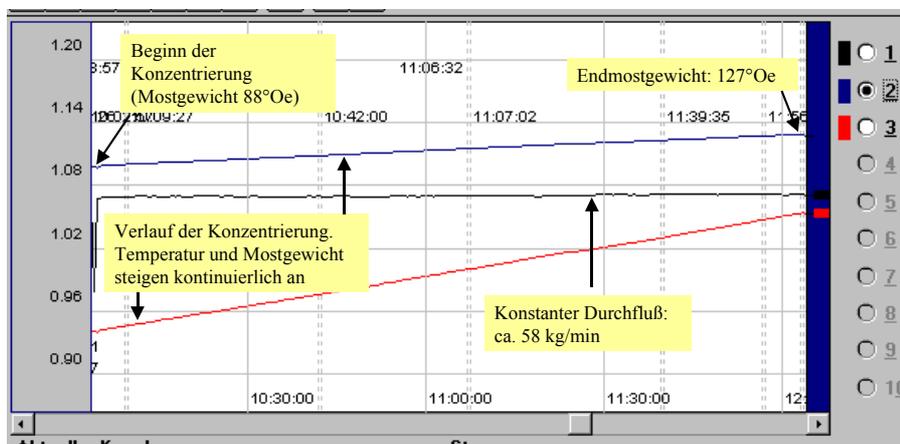


Abbildung 4.61 Verlauf der Mostkonzentrierung eines 2001er Cabernet-Sauvignon MG (Teilmenge). rot: Temperaturverlauf, schwarz: Volumenstrom, blau: relative Dichte

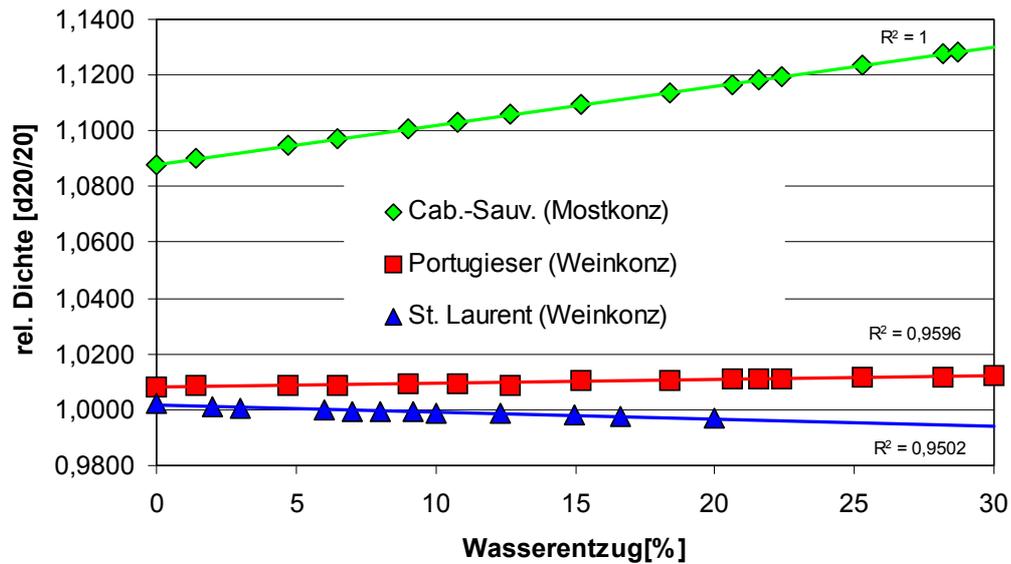


Abbildung 4.62 Vergleich der von Promass 63 aufgezeichneten Dichte bei Mostkonzentrierung, Weinkonzentrierung eines restsüßen und Weinkonzentrierung eines trockenen Weines

In Abbildung 4.62 wird der Vergleich zwischen Most- und Weinkonzentrierung gezeigt. Man konnte deutlich die Dichteunterschiede zu Beginn der Konzentrierung und somit das konzentrierte Medium unterscheiden. Der konzentrierte 2001er Portugieser Rotwein hatte noch ca. 20g/L Restzucker. Daher gab es einen Dichteanstieg aufgrund der Zuckerkonzentrierung und der gleichzeitig nicht damit schritthaltenden Alkoholanreicherung (Alkoholverluste bei der Weinkonzentrierung, siehe Kapitel 4.7.1). Im Gegensatz dazu fiel die Dichte bei trockenen Weinen mit steigendem Wasserentzug ab (2001er St. Laurent). Der Dichteanstieg bei der Mostkonzentrierung (2001er Cabernet-Sauvignon) fiel aufgrund des hohen Anfangszuckergehaltes und der nahezu verlustfreien Zuckerkonzentrierung wesentlich stärker aus als der Dichteanstieg bei der Weinkonzentrierung restzuckerhaltiger Weine.

Aus Abbildung 4.63 wird deutlich, dass das verwendete Promass 63 anders kalibriert war als der Labor-Biegeschwinger. Das Bestimmtheitsmaß war zwar gut, aber das Promass 63 zeigte durchschnittlich 4°Oe zuviel an. Die Beziehung der Geräte zueinander war linear, aber die Anzeige des Mostgewichtsanstieges während der Konzentrierung fiel beim Promass 63 deutlich geringer aus als beim Biegeschwinger (Steigung $\neq 1$). Dieser unbefriedigende Zustand ließe sich zukünftig durch weitere Optimierung des Gerätes auf die Mostmatrix verbessern.

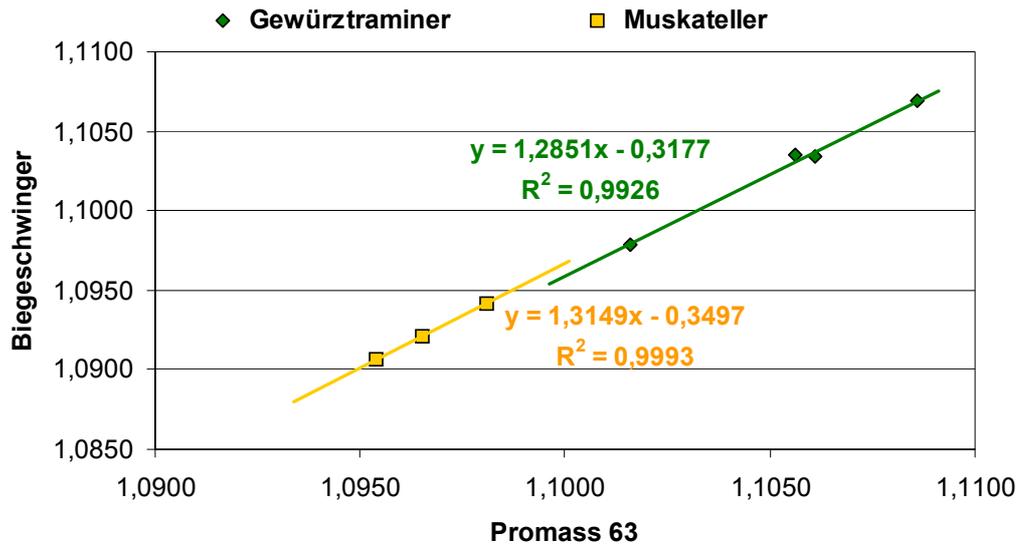


Abbildung 4.63 Vergleich der $d_{20/20}$ -Messungen von Biegeschwinger und Promass 63 im Verlauf zweier Teilmengenkonzentrierungen

5 Diskussion

5.1 Vergleich der Mostkonzentrierungsverfahren unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Most- und Wasseranalysen

Die Analyse der Wässer, die bei der Mostkonzentrierung freigesetzt werden, sagt viel über die Fähigkeit der eingesetzten Verfahren aus, eine verlustarme Anreicherung der Inhaltsstoffe zu gewährleisten. Auch in der Literatur sind Vergleiche der Analytkonzentrationen der Wässer bekannt (siehe Tabelle 5.1). Im Destillat der Konzentrierung eines Gamay-Mostes [Berger 1998] konnte kein Zucker, keine Äpfelsäure, keine Weinsäure und kein Kalium nachgewiesen werden. Der pH-Wert stieg von 3,16 auf 4,94 und die Summe der Extinktionen bei 420, 520 und 620nm betrug 0,007. Dies bestätigt die eigenen Ergebnisse, bei denen sieben 1999er und 2000er Versuchsreihen gemittelt wurden, in denen die Verfahren Vakuumverdampfung (VD), Umkehrosiose (UO) und Schrägkühler (SK) parallel zum Einsatz kamen (vgl. Kapitel 4.1.2 und Tabelle 5.1). Es konnten in unseren Versuchen weder Zucker-, noch Weinsäure-, noch Äpfelsäurekonzentrationen im Destillat nachgewiesen werden. Die E_{420} -Werte lagen bei 0,006 und der pH-Wert stieg im Mittel von 3,18 im Most auf 5,65 im Destillat. Cuénat, Kobel und Zufferey [Cuénat, Kobel et al. 1989] waren mit ihrem Vakuumverdampfer nicht so erfolgreich. Sie fanden in ihrem Destillat noch Zucker und Säuren und einen pH-Wert von 3,36. Dies deutete auf Mostübertritt ins Destillat hin, was durch Übersäumen des im Verdampfer befindlichen Mostes möglich ist. Insgesamt betrachtet, ist das VD-Verfahren aber ausgereift und geeignet zur physikalischen Mostkonzentrierung. Trotz unterschiedlicher Hersteller der Anlagen und verschiedener Jahrgänge und Rebsorten gingen nur wenige nicht flüchtige Inhaltsstoffe ins Destillat verloren.

Das Verfahren der Umkehrosiose lieferte bei der Anreicherung nicht flüchtiger Inhaltsstoffe ähnliche Resultate wie die VD. In Frankreich wurden bereits Anfang der 90er-Jahre Versuche mit den UO-Anlagen durchgeführt [Berger 1991] (siehe Tabelle 5.1). Dabei wurden im Permeat 1,75g/L Zucker, 0,6g/L Weinsäure, 0,1g/L Äpfelsäure und 31mg/L Kalium gefunden. Der pH-Wert stieg von 3,1 im Vergleichsmost auf 3,53 im Permeat. Die Farbintensität des Permeates ($\Sigma E_{420} + E_{520} + E_{620}$) wurde mit 0,001 angegeben. In den Versuchen der FA Geisenheim und der SLFA Neustadt a.d.W. wurden vergleichbare Werte ermittelt. Die Zuckerkonzentration der Permeate lag im Mittel bei 2,4g/L, Weinsäure 0,1g/L, Äpfelsäure 0,1g/L und 31mg/L Kalium. Der pH-Wert stieg von 3,18 auf 4,05 und die E_{420} -Werte lagen bei 0,012. Berücksichtigte man den vom Most abgetrennten Wasseranteil von 15%vol, so ergaben sich absolute Verluste von 0,4% der insgesamt im Most vorhandenen Hauptinhaltsstoffe. Andere Mostkonzentrierungsversuche mit UO-Spiralmodulen führten zu vergleichbaren Ergebnissen [Cuénat, Kobel et al. 1989; Guimberteau, Noilet 1998]. Im Hinblick auf

die Verluste der Mostinhaltsstoffe bei der physikalischen Konzentrierung kann man auch dieses Verfahren als ausgereift und für die Mostkonzentrierung geeignet bezeichnen.

Tabelle 5.1 Vergleich UO und VD: Eigene Versuche und Vergleich mit Literaturdaten

Variante	Probenzahl	Versuchsansteller	Glucose + Fructose [g/L]	Weinsäure [g/L]	Äpfelsäure [g/L]	Kalium [mg/L]	E ₄₂₀ (+E ₅₂₀ +E ₆₂₀)	pH
unbeh	7	eigene Arbeit	162,9	6,2	4,0	1497	1,103	3,18
Destillat	7	eigene Arbeit	0,0	0,0	0,0	3	0,006	5,65
Permeat	7	eigene Arbeit	2,4	0,1	0,1	31	0,012	4,05
unbeh	1	[Berger 1998]	172	7,56	3,75	1130	0,069	3,16
Destillat	1	[Berger 1998]	0	0,00	0,00	0	0,007	4,94
unbeh	1	[Berger 1991]	175	6,84	4,45	1170	0,075	3,10
Permeat	1	[Berger 1991]	1,75	0,60	0,10	31	0,001	3,53
Permeat	1	[Cuénat, Kobel et al. 1989]	0,7		0,06			3,96
Destillat	1	[Cuénat, Kobel et al. 1989]	2,5		0,08			3,36
Permeat '89	8	[Guimberteau, Noilet 1998]	0,17	0,01	0,01	5		4,12
Permeat '97	5	[Guimberteau, Noilet 1998]	0,30	0,00	0,00	20		5,22

Die Schrägkühlerkonzentrierung war in der Anreicherung nicht flüchtiger Inhaltsstoffe im Vergleich zu UO und VD weniger effizient. In der Literatur konnten keine Analysedaten der Eiswässer gefunden werden. In Kapitel 4.1.2 wurde gezeigt, dass beim Pressvorgang 20% der Zuckerausgangskonzentration im Wasser verblieb. Bei den organischen Säuren und Kationen waren es sogar 60-70%. Rechnet man die prozentuale Wasserabtrennung von durchschnittlich 15%vol ein, so gehen von der ursprünglich in den Trauben vorhandenen Menge 3% der Zucker und 9-11% der Säuren und Kationen ins Eiswasser verloren. Die Verluste sind erheblich. Andererseits gehen auch bei der Eisweinbereitung vergleichbare Mengen an nicht flüchtigen Inhaltsstoffen ins Eiswasser über. Wenn die Qualität des aus Kryokonzentrierung resultierenden Weines derart ansteige, dass die Verluste über den Verkaufspreis wieder hereinkämen, wären die ins Eiswasser übergegangenen Mengen an Inhaltsstoffen für den Winzer nicht relevant.

5.2 Vergleich der Mostkonzentrierungsverfahren unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Weinanalysen und der Weinsensorik

5.2.1 Vergleich der Mostkonzentrierungsverfahren bei Rotwein

Maischeerhitzung (ME) – Maischegärung (MG): Bei der Auswirkung der Mostkonzentrierung bei Rotweinen sind die beiden gängigsten Rotweinbereitungsverfahren Maischeerhitzung und Maischegärung zu berücksichtigen. Gute Beispiele, um die unterschiedlichen Auswirkungen der

Mostkonzentrierung bei ME bzw. bei MG zu verdeutlichen, sind die 2000er Cabernet-Sauvignon- und die 2001er Dornfelder-Versuchsreihen. Bei diesen erfolgte eine UO-Mostkonzentrierung für beide Rotweinbereitungsverfahren, die bei dem gleichen Traubenausgangsmaterial angewendet wurden.

Beim 2001er Dornfelder waren die Gehalte an Anthocyanen und Copigmenten bei den MG-Varianten wesentlich höher (etwa viermal so hoch) als bei den ME-Varianten. Trotzdem wurden sie beim subjektiven Farbempfinden der Prüfer nur um eineinhalb Einheiten 7,9 statt 6,4 (Skala von 0 - 10) besser bewertet. Das menschliche Auge kann wahrscheinlich auf diesem hohen Farbniveau nicht mehr so gut differenzieren. Gleichzeitig wurde die Saccharose-ME-Variante stärker in den fruchtigen Sensorikattributen bewertet als Saccharose-MG. UO-ME wurde bei diesen fruchtigen Eigenschaften ähnlich bewertet wie UO-MG.

Beim 2000er Cabernet-Sauvignon wiesen die ME-Varianten geringere Farbtintensität, geringere Kernextraktgehalte und damit verbunden niedrigere Bewertungen bei „Bittere“ und „Adstringenz“ gegenüber den MG-Varianten auf. Die UO-Mostkonzentrierung wirkte bei dieser Versuchsreihe in punkto Kernextraktgehalte und Farbsteigerung stark anreichernd, sowohl bei ME als auch bei MG. SA bei der MG-Versuchsreihe konnte diese Konzentrationserhöhungen wie UO gegenüber den saccharoseangereicherten Varianten nicht ganz erreichen.

Besonders bei der relativ farbschwachen 2000er Spätburgunderversuchsreihe, aber auch allgemein gültig bei den übrigen Maischeerhitzungsversuchsreihen, stellte man durch die Mostkonzentrierung eine deutliche Verstärkung der durch das Rotweinbereitungsverfahren ME gewonnenen Eigenschaften fest. Da sich die physikalische Mostkonzentrierung der Maischeerwärmung anschließt, werden alle durch dieses Aufschlussverfahren freigesetzten farbgebenden sowie copigmentierenden phenolischen Verbindungen laut der in Kapitel 4.1.1.1 aufgezeigten Formel aufkonzentriert. Dazu zählen auch Catechin, Epicatechin und Gallussäure, bei denen ein 20%iger Zugewinn nach UO zu verzeichnen ist. Dabei wird der Charakter eines maischeerhitzten Rotweines durch die Mostkonzentrierung nicht aufgehoben [Fischer, Clos et al. 2002]. Annähernd 20% Anreicherung der Gesamtphenole durch die Mostkonzentrierung bei Maischeerhitzung wurden von Krebs [Krebs 2000] bestätigt. Bei der MG wird die Mostkonzentrierung dagegen mit dem anthocyanarmen Most (vgl. Kapitel 4.1.1.7) durchgeführt. Die Farbtintensivierung der Rotweine nach MG durch Mostkonzentrierung ist folglich je nach Rebsorte und Jahrgang unterschiedlich und weniger planbar als nach ME.

Wie im Unterabschnitt „Mostkonzentrierung und sensorische Bewertung“ näher betrachtet wird, steigt bei maischerhitzten Rotweinen die Qualität mit steigendem Mostkonzentrierungsgrad.

Mostkonzentrierung und Phenolentwicklung (MG): Im Folgenden sollen die Auswirkungen physikalischer Konzentrierungsverfahren bei der Maischgärung intensiver diskutiert werden. Anhand der in Kapitel 4.3 und 4.4 beschriebenen Phenolanalytik und deskriptiver Sensorik der Weine nach Mostkonzentrierung sollen die Unterschiede zwischen den Weinvarianten herausgearbeitet werden.

Beim Vergleich der Mostkonzentrierungsverfahren UO und VD, nachgewiesen beim 2000er Regent MG und beim 2000er Spätburgunder MG, bestehen keine großen Differenzen im Endprodukt. Für Rotweine ist aus analytischer und sensorischer Sicht die Wahl des Konzentrierungsverfahrens (UO oder VD) egal, da im Rotmost irrelevante Mengen an freien Aromastoffen vorhanden sind, die durch die VD verdampfen könnten.

Es wurden deutliche Konzentrationszunahmen bei den Kernextrakten Gallussäure, Catechin und Epicatechin für UO, VD und SA gegenüber der Saccharosekontrolle festgestellt. Wie bereits erwähnt, wird bei der MG die Anreicherung der Kernextrakte vor allem durch die Reduktion des Saft/Maische-Verhältnisses bewirkt. Das zeigt die Saftentzugsvariante ebenfalls, denn SA wies die gleichen Kernextraktkonzentrationen wie die physikalisch konzentrierten Varianten auf und wurde auch sensorisch bei „bitter“ und „adstringent“ intensiver als die Saccharosekontrolle bewertet. Die Rotweine erhalten durch die aufwendigere kellerwirtschaftliche Behandlung mehr Extrakt und mehr Struktur. Was in den jungen Weinen sensorisch relativ hart und bitter wirkt, kann sich mit zunehmender Reife positiv auswirken.

Die aus Beerenfleisch und Beerenschalen stammenden Verbindungen Quercetin-3-glucosid und Quercetin wurden, da sie bereits im Saft vorlagen, durch UO und VD stark, durch Saftentzug und weinbauliche Maßnahmen nur bedingt (Kapitel 4.3.2) in ihren Gehalten angereichert. Diese Moleküle sind stärkere Cofaktoren als die Kernextraktstoffe [Boulton 2001], das heißt, sie reagieren bevorzugt mit den freien Anthocyanen zu Copigmentkomplexen. Dieser Unterschied zwischen UO und VD gegenüber SA in der Copigmentierung dürfte die Ursache für die stärkere Farbausprägung der UO- und VD-Weine sein. Doch SA zeigt immer noch 16% mehr E_{520} als die saccharoseangereicherte Variante. SA liegt somit im gleichen Bereich der Farbintensivierung wie die Rotweine mit weinbaulichen Verbesserungsmaßnahmen (Abbildung 4.28).

Weiterhin wurden mittels HPLC-DAD bei VD höhere monomere Anthocyangehalte und bei UO, VD und bei SA mehr polymere Phenole festgestellt als bei den saccharoseangereicherten Varianten. Offenbar lagen bei UO die monomeren Anthocyane zum Teil polymerisiert vor, so dass es nicht zu der signifikanten Unterscheidung gegenüber der Saccharosekontrolle kam. Nach der Messung der monomeren Anthocyane durch den Boulton-Assay konnten zusätzliche Aussagen getroffen werden. Hierbei wurden signifikant höhere Konzentrationen monomerer Anthocyane bei UO, SA und den weinbaulich ertragsreduzierten Varianten gegenüber der saccharoseangereicherten Variante festgestellt (Abbildung 4.34). Stärker noch als die monomeren wurden die Konzentrationen der polymeren Anthocyane erhöht. Auch in der Copigmentation waren signifikante Steigerungen durch weinbauliche Maßnahmen, UO und SA im Vergleich zur traditionellen Saccharoseanreicherung zu erkennen. Die stärkere Sonneneinwirkung bei den Weinbau-Varianten könnte, wie beabsichtigt, die Anthocyaneinlagerung in die Beerenschale gefördert haben. Diese Konzentrierung farbgebender bzw. farbverstärkender Substanzen geschah in vergleichbarem Umfang wie bei der Konzentrierung durch

physikalischen Wasserentzug (Mostkonzentrierung) oder Saftentzug bei Traubenmaischen ohne zusätzliche weinbauliche Maßnahmen. Die Weinbau-Varianten unterschieden sich von der Saccharosekontrolle in höherem Quercetingehalt und in höheren Kaffeesäurekonzentrationen, wobei beides Abbauprodukte von Quercetin-3-glucosid bzw. Caftar Säure sind. Enzymatische Hydrolyse letztgenannter Vorläuferverbindungen der weinbaulich ertragsreduzierten Trauben (Ausdünnungs- und/oder Entblätterungsmaßnahmen am Rebstock führten zu höheren Konzentrationen an Traubeninhaltsstoffen und zu intensiverer Witterungs-Exposition) dürften für die höheren Konzentrationen der Abbauprodukte verantwortlich sein.

Teilweise widersprechen die vorgestellten Befunde und die Farbintensivierung bei den maischevergorenen Rotweinen (siehe Abbildung 4.28) den Aussagen von Boulton [Boulton 2001]. Boulton bezweifelt, dass die Reduzierung des Saft/Maische-Verhältnisses zu einer Farbintensivierung führt, da Anthocyane nur bis zu einem bestimmten Gleichgewichtszustand von der Maische in den Saft bzw. Wein übergehen. Dieser Gleichgewichtszustand sei immer derselbe, auch wenn weniger Flüssigkeit vorhanden ist. Ohnehin würden nur 30 bis 40% der Farbpigmente während der Gärung aus den Beerenschalen extrahiert. Die Extraktion der Copigmente insbesondere der Kernextrakte könne zwar weitergehen, es gäbe allerdings keinen Beweis dafür, dass sie das Copigmentationsgleichgewicht oder die Farbintensität signifikant und langanhaltend steigern. Die Schlussfolgerungen von Boulton sind stimmig. Offensichtlich ist bei langer Maischegärdauer (11 Tage) der hier betrachteten Versuchsreihen der Gleichgewichtszustand bei der Extraktion der monomeren Anthocyane erreicht worden, weil dabei die Unterschiede zwischen den Varianten am geringsten sind. Noch kein Gleichgewichtszustand wurde für die Kernextrakte erreicht. Das zeigen die starken Effekte des geringeren Saft/Maische-Verhältnisses bei SA, UO und VD gegenüber traditioneller Saccharoseanreicherung. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Löchner und Fischer [Löchner, Fischer 2003]. Sie verfolgten eine kontinuierliche Copigmentzunahme bis zu einer Maischegärdauer von 18 Tagen, die wahrscheinlich noch darüber hinaus weitergeht. Die ethanolische Lösung um die Maische extrahiert Gallussäure, Catechin und Epicatechin ständig weiter, und zwar bis zur Löslichkeitsgrenze. Aufgrund der geringeren Flüssigkeitsmenge bei SA, UO und VD wird der potenzielle Endzustand schneller erreicht als bei der saccharoseangereicherten Variante. Deshalb sind die Konzentrationen im Wein nach Abpressen von der Maische entsprechend höher.

Höhere Konzentrationen an Gallussäure, Catechin und Epicatechin führen zu einer stärkeren Copigmentierung, da die Menge an verfügbaren Cofaktoren für das Ausmaß der Copigmentierung verantwortlich ist. Dies führt im Gegensatz zu Boultons [Boulton 2001] Beobachtung eben doch in den allermeisten Fällen zu einer signifikanten Farbintensivierung. Denn es werden freie Anthocyane aus der Lösung entfernt und in die Copigmentkomplexe eingebaut. Der reduzierte Anthocyangehalt im Wein bewirkt die neuerliche Freisetzung von freien Anthocyanen aus der Maische, bis der Gleichgewichtszustand erneut erreicht ist. Außerdem wird die Polymerbildung gefördert.

Die Auswirkungen der VD-Mostkonzentrierung auf das Phenolspektrum der Rotweine nach MG beschreibt Berger [Berger 1998] mit Konzentrationssteigerungen bei den monomeren Anthocyanen von 6% gegenüber dem Saignée-Verfahren und 11% gegenüber der Chaptalisation. Die Polyphenole wurden durch VD 9% gegenüber Saignée-Verfahren bzw. 19% gegenüber Saccharosekontrolle angereichert. Wie oben beschrieben, polymerisieren die aufkonzentrierten Inhaltsstoffe rasch. Die Mostkonzentrierung wirkt sich daher stärker auf die polymeren als auf die monomeren Anthocyane aus. Weiterhin werden 24%ige Konzentrationserhöhungen bei den Tanninen für VD verglichen mit Chaptalisation beschrieben [Berger 1998]. Tannine sind von Flavonolen und Phenolcarbonsäuren gebildete Polyphenole in sehr vielfältiger Zusammensetzung. Man kann dieses Ergebnis als Indiz dafür werten, dass die Kernextraktstoffe (Gallussäure, Catechin, Epicatechin) aufkonzentriert werden und die Tanninkondensation dadurch angeregt wird.

Etwas kleiner fiel die Polymeranreicherung bei einem Beaujolais-Rotwein durch Umkehrosiose [Berger 1991] aus, wobei aus der genannten Literaturstelle nicht ersichtlich wurde, ob der zugrunde liegende Most genauso stark aufkonzentriert wurde wie bei dem Versuch mit VD. Die Polyphenole wurden um 7%, die Tannine um 13% gegenüber der Chaptalisation angereichert.

Eine Forschergruppe aus der Schweiz [Cuénat, Kobel et al. 1989] beschreibt ebenfalls die Mostkonzentrierung mittels UO für die Rotweinbereitung. Nach 11,8%vol Wasserentzug aus der Maische reicherten sich die monomeren Anthocyane des Weines um 17%, die polymeren Phenole um 27% an. Die Phenolzusammensetzung der Rotweine wird durch die Anwendung der physikalischen Mostkonzentrierungsverfahren UO oder VD nicht unterschiedlich beeinflusst. Vielmehr wird der generelle Trend zu einer verstärkten Phenolpolymerisation nach physikalischer Konzentrierung von Rotweinmaischen bestätigt.

Mostkonzentrierung und sensorische Bewertung (MG): Bei der deskriptiven Sensorik maischevergorener Versuchsreihen war die Saccharose-Variante in allen oral wahrgenommenen Parametern (Körper, Bitter, Adstringenz, Säure) die Variante mit den geringsten Intensitäten. UO-Mostkonzentrierung war bei den genannten Attributen am intensivsten bewertet worden. Die weinbaulichen Maßnahmen Ausdünnung, Entblätterung und späte Lese brachten in diesem Zusammenhang keine mit der Mostkonzentrierung vergleichbaren Effekte. Sie erreichten durchschnittlich das Kernextrakt-Niveau der Saccharose-Variante, wobei die Ausdünnung in der deskriptiven Sensorik bei „Bitter“ und „Körper“ signifikant stärker als die Saccharosekontrolle beurteilt wurde. Traubentrocknung und SK waren in diesem Punkt die schlechtesten Verfahren zur Erzeugung gut strukturierter Rotweine. Ihre Kernextraktgehalte lagen um 50% unter dem Mittelwert aller Varianten. Die Problematik, beim SK-Verfahren phenolreiche und gut strukturierte Rotweine zu erzeugen, liegt darin, dass man den konzentrierten Saft von den Beerenschalen und Kernen sowie dem gefrorenen Wasser trennen muss, ohne dass ein ausreichender Aufschluss und eine Extraktion des

Traubenmaterials stattgefunden hätte (Kapitel 4.2.6). Man müsste das erhaltene Konzentrat wieder mit den Beeren vereinigen, nachdem das Eis bzw. Wasser abgelassen wurde und dann eine Maischeerhitzung oder eine Maischgärung durchführen.

Auch die ca. fünfzehnstündige Traubentrocknung im Trockenschrank bei 30°C erbrachte keine zufrieden stellenden Rotweine. Die Weine waren farbarm (Abbildung 4.28), braun, oxidativ und häufig, aufgrund der mikrobiellen Bildung von Essigsäure und Ethanol in den Trauben, mit einer „Ethylacetatnote“ versehen, so dass sie für sensorische Zwecke nicht verwendet werden konnten. Analytisch waren dramatische Einbußen gegenüber der saccharoseangereicherten Variante bei den Kernextrakten sowie bei den Beerenschalen- und Beerenfleischextrakten feststellbar, obwohl das Saft/Maische-Verhältnis vergleichbar mit dem von UO und SA war. Dieses Phänomen ist schwer zu erklären. Offenbar werden durch die Traubentrocknung Farbpigmente regelrecht zerstört. Weiterhin werden die Strukturen der Beeren derart verändert, dass die ethanolische Extraktion nicht in gleichem Maße abläuft wie bei der Saccharosekontrolle, SA und UO. Auch verstärkter enzymatischer Abbau von Verbindungen tritt ein. So wurde das Verhältnis acetylierter-/cumylierter-Anthocyane erhöht (Tabelle 4.2), was dafür spricht, dass die cumylierten Anthocyane verstärkt abgebaut werden.

Bei der deskriptiv sensorischen Untersuchung machte sich die Aromastoffvorläuferanreicherung durch die UO-Mostkonzentrierung in höheren Bewertungen bei „Kirsche“, „Cassis“, „Erdbeere“ und „würzig“ gegenüber SA bemerkbar. Die Reduzierung des Saft/Maische-Verhältnisses wirkte aromaintensivierend gegenüber der Saccharosekontrolle, ist aber, anders als bei den Kernextraktstoffen, nicht allein für die Anreicherung der Aromastoffe verantwortlich. Hierin liegt das Potenzial der Mostkonzentrierung. Diese konnte, wenn man die Rangfolgebewertung aus Tabelle 5.2 betrachtet, nicht sehr häufig ausgeschöpft werden. Im direkten Vergleich zwischen UO und SA wurde die physikalische Konzentrierung fünfmal bevorzugt. Ebenfalls fünfmal wurde das traditionelle Verfahren präferiert. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Varianten wurden lediglich beim 2000er Dornfelder MG und beim 2001er Merlot MG gefunden. In diesen beiden Fällen wurde die UO-Variante vor allen übrigen präferiert.

Die Auswirkungen des reduzierten Saft/Maische-Verhältnisses von SA und Mostkonzentrierung gegenüber der Saccharosekontrolle bei den MG-Versuchsreihen waren unterschiedlich je nach Rebsorte und Jahrgang. Speziell die vorwiegend im Ausland unter sonnenreicheren Bedingungen kultivierten Rebsorten Merlot und Cabernet-Sauvignon, aber auch Spätburgunder und Dornfelder erfuhren in den hier beschriebenen Versuchen durch SA, besonders aber durch UO, meist signifikant feststellbare Verbesserungen gegenüber der Saccharosekontrolle. Beim Regent gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Beim Spätburgunder wurde beim 2000er Jahrgang die saccharoseangereicherte Variante auf den ersten Platz gesetzt, beim 2001er Jahrgang landete sie immer auf dem letzten Platz. Daher war es unmöglich eindeutige Aussagen zu treffen. Man muss bei dieser Rebsorte besonders auf gesundes, reifes Material achten, um gute Konzentrierungseffekte zu

erzielen. Dies war beim 2001er Jahrgang eher der Fall als beim botrytisgeprägten 2000er Jahrgang. Möglicherweise wurden bei der 2000er Spätburgunder-Versuchsreihe Botrytis-Metaboliten mitaufkonzentriert, was zu der negativen Bewertung der physikalisch konzentrierten Varianten beitrug.

Insgesamt wurde die Mostkonzentrierung von 11 verkosteten MG-Versuchsreihen 9 mal gegenüber den saccharoseangereicherten Varianten bevorzugt, davon 6 mal signifikant (Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2 Rangsummen ($R = \sum \text{Nominierungen Platz}_1 * 1 + \dots + \sum \text{Nominierungen Platz}_n * n$); Rotweine der Jahrgänge 2000 und 2001 (Sterne geben das Signifikanzniveau zu sacch aufgrund von Friedman-Test an)

Jahrgang, Rebsorte	R _{sacch}	R _{UO}	R _{SA}	R _{Sonstige}	Anzahl der Verkoster (n)
2000er Regent (MG)	88	98	90	88 (VD) 104 (ausged)	31
2000er Dornfelder (MG)	84	57**	104	78 (ältere Rebanlage)	32
2000er Merlot (MG)	58	38**			32
2000er Cab.-Sauv. (ME)	52	38*			30
2000er Cab.-Sauv. (MG)	76	62	54**		32
2000er Cab.-Sauv. (MG)	72	67	53*		32
2000er Spätburgunder (ME)	116	86**		93* (UO+sacch) 55**(überkonzentriert)	35
2000er Spätburgunder (MG)	76	89	86	89 (VD)	34
2001er Dornfelder (ME)	176	157			112
2001er Dornfelder (MG)	247	211*	208**		111
2001er Merlot (MG)	181	116**	147**		74
2001er Cab.-Sauv. (MG)	82	58**	70		35
2001er Spätburgunder (MG)	185	126**	139**		71
2001er Spätburgunder (MG)	96	82	90	92 (getr)	36

Bei den maischeerhitzten Rotweinen (ME) wurden die konzentrierten Varianten durchweg besser bewertet als die saccharoseangereicherten Varianten, meist sogar signifikant besser. Lediglich die 2001er Dornfelder-Versuchsreihe zeigte nach Konzentrierung nur tendenzielle Verbesserung. Hierbei konnte das Konzentrierungsziel nicht erreicht werden, da während der Konzentrierung ausfallende Anthcyane und Weinstein die UO-Membran blockierten (Abbildung 5.1). Deshalb wurden die Effekte nicht ganz so deutlich. Wenn der maischeerhitzte Most ohne Probleme aufkonzentriert werden konnte, wurden mit steigendem Konzentrierungsgrad stufenweise eindeutige Qualitätsverbesserungen erzielt. Dies zeigte der Versuch mit dem 2000er Spätburgunder.



Abbildung 5.1 Beim Spülen der UO-Anlage nach Konzentrierung des 2001er Dornfelder ME ausgespülte Anthocyane

Die positiven sensorischen Ergebnisse der Mostkonzentrierung bei Rotweinen gegenüber traditioneller Chaptalisation wurden ebenfalls bei Versuchsreihen aus Frankreich, Italien, der Schweiz, Baden, der Pfalz oder dem Rheingau festgestellt. Sowohl für Umkehrosmose als auch für Vakuumverdampfung wurden die intensivere Farbe und Körper sowie die Verstärkung des Tanningehaltes hervorgehoben. Weiterhin wurde den Weinen ein höheres Polyphenolpotenzial und längere Lagerfähigkeit bescheinigt. Die Weine nach Mostkonzentrierung wurden mindestens gleich gut, häufig aber auch signifikant besser beurteilt als die chaptalisierten Weine [Berger 1991; Berger 1998]. Guimberteau und Noilet [Guimberteau, Noilet 1998] machten ähnliche Beobachtungen bei französischen und italienischen Rotweinen. Die mostkonzentrierten Varianten waren kompletter und strukturierter, die Saccharose-Varianten in der Regel verhaltener in Geruch und schlanker im Geschmack. In 50% der Fälle wurden die mostkonzentrierten Varianten auch den Saignée-Varianten (SA) signifikant vorgezogen, da sie kräftiger und komplexer wirkten.

Cuénat, Kobel und Zufferey [Cuénat, Kobel et al. 1989] beobachteten reichere, breitere, tanninhaltigere und charakterverstärkte Rotweine nach Anwendung der Umkehrosmose im Vergleich zur Chaptalisation. Bei zwei Spätburgunderversuchsreihen wurde UO immer signifikant der Saccharosekontrolle vorgezogen. Dieser Effekt wurde durch die Lagerdauer verstärkt.

Während die Mehrzahl der deutschen Weinanbaugebiete der europäischen Weinbauzone A angehören und um bis zu 3,5%vol potentiellen Alkohol anreichern dürfen, gehört Baden der Weinbauzone B an (maximale Anreicherungsspanne 2%vol). Die Anwendung physikalischer Konzentrierungsverfahren zur Anreicherung führt in Baden zu keiner veränderten Anreicherungsspanne, während in anderen deutschen Weinanbaugebieten auf 1,5%vol potentiellen Alkohols verzichtet werden müsste. Folgerichtig war der badische Weinbauverband der erste in Deutschland, der sich für eine Zulassung

der Mostkonzentrierung aussprach, zumal die Versuchsergebnisse aus dem Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg sehr positiv waren. Auch dort wurden die Rotweine nach Mostkonzentrierung tanninreicher und komplexer beurteilt. Insgesamt konnten von 94 Probepaaren (UO-Saccharoseanreicherung bei Rot- und Weißwein) 25 statistisch signifikant unterschieden werden. Davon wurde 24mal die UO- der Saccharose-Variante vorgezogen [Krebs 1999]. Es wurde darauf hingewiesen, dass bei einem schwachen Rotwein-Jahrgang wie 1999 die Konzentrierungseffekte bei den Maischegärungsversuchen nicht so stark ausgeprägt waren wie bei den Maischeerhitzungsversuchen. Die geringen Mengen mäßig eingebundener Tannine und grün-gerbiger Noten wurden kaum merklich aufkonzentriert, so dass im Ergebnis die mostkonzentrierten Weine an „Nachhaltigkeit“ und „Fülle“ hinter den Erwartungen zurückblieben. Daraus zog man die Schlussfolgerung, dass nur bei hohen Grundqualitäten auch ein deutlicher Qualitätssprung durch den Wasserentzug aus Mosten erzielt werden könne [Sigler, Amann et al. 2000].

Diel und Fischer [Diel, Fischer 1997] stellten zwar auch Farbverstärkungen und Erhöhung des Gesamtphenolgehaltes durch physikalische Konzentrierung bei maischerhitzten Rotweinen der Rebsorten Portugieser, Dornfelder und Spätburgunder fest, aber in den Rangfolgetests konnte sich keine Variante signifikant durchsetzen.

Die Geisenheimer Forschergruppe [Weber, Christmann et al. 2002] ermittelte, dass Mostkonzentrierung durch UO und VD bei Rotweinen weitaus bessere Resultate liefert als bei Weißweinen. Bei der Erstellung der Plazierungsindices, die aus Rangfolgetests der verkosteten Versuchsreihen hervorgingen, schnitten beide Verfahren deutlich besser ab als die Kontrollvarianten (unbeh, sach). Weiterhin wurde festgestellt, dass Mostkonzentrierung und Ausdünnung im Weinberg von deutschen maischevergorenen Rotweinen bei der deskriptiven Sensorik und bei der Rangziffernbewertung identische Ergebnisse lieferten. Daher lässt sich eine vergleichbare Qualitätssteigerung durch die Mostkonzentrierung gegenüber der arbeitsaufwendigeren Ausdünnung im Weinberg ableiten. Auch das SA-Verfahren wurde mit der Mostkonzentrierung verglichen und erreichte sensorisch ähnliche Ergebnisse. Da der von der Maische abgezogene Saft nach Vergärung als Roséwein verwertbar ist, wurde SA als das ökonomisch beste Verfahren bei gleichzeitig deutlicher Qualitätssteigerung bewertet.

Insgesamt betrachtet, belegen die Literatur und die eigenen Ergebnisse, dass bei Rotweinen auch in Deutschland eine Qualitätsverbesserung durch physikalische Mostkonzentrierung erreichbar ist. Diese Qualitätsverbesserung sollte ausreichen, um höhere Preise für die Weine realisieren und somit die entstandenen Mehrkosten (siehe Kapitel 5.5) decken zu können.

5.2.2 Vergleich der Mostkonzentrierungsverfahren bei Weißwein

Mit den in Kapitel 4.1.1.9 dargestellten Ergebnissen konnte gezeigt werden, dass durch die physikalischen Konzentrierungsverfahren die Aromastoffvorläufersubstanzen aufkonzentriert wurden, egal welches Verfahren zum Einsatz kam. Bei den freien Terpenalkoholen des Mostes (Kapitel 4.1.1.10) zeigten sich dagegen je nach Verfahren Unterschiede.

Vergleich UO - VD: Die Auswirkungen der verschiedenen Mostanreicherungsverfahren auf die Weinaromastoffkonzentrationen und die damit zusammenhängende Weinsensorik wird besonders in der PCA (Abbildung 4.54) deutlich.

Anhand des 2000er Muskateller wurde eine Anreicherung der freien Terpene gegenüber der saccharoseangereichten Variante und VD gefunden. Bei allen blumigen Terpenalkoholen wurden für UO höhere Konzentrationen gemessen als bei der Saccharosekontrolle und VD. Dies zeigt die Nachteile der VD gegenüber UO bei Mosten, die reich an freien Aromastoffen sind. Diese gehen im Most zu einem Großteil verloren (siehe Kapitel 4.1.1.10). Diese Ergebnisse werden zusätzlich in der Literatur bestätigt [Berger 1998; Sigler, Amann et al. 2001]. Im Weinstadium macht sich aber die gleichzeitige Aufkonzentrierung glycosidisch gebundener Aromastoffvorläufer bemerkbar. So konnten bei VD noch annähernd die gleichen Konzentrationen an freien Terpenen im Wein erreicht werden wie bei der Kontrollvariante. Dies entspricht den Ergebnissen, die am Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg gefunden wurden [Sigler, Amann et al. 2000; Sigler, Amann et al. 2001]. Demnach bewirkt eine VD-Teilmengenkonzentrierung mit anschließendem Rückverschnitt weniger Aromenverluste als eine Konzentrierung der Gesamtmenge. Bei dem in Kapitel 4.1.1.10 gezeigten Versuch mit dem 2000er Muskateller der SLFA-NW handelte es sich um eine solche Teilmengenkonzentrierung mit anschließendem Rückverschnitt. Deshalb fielen die Unterschiede bei den Terpenkonzentrationen im Wein zwischen VD und der saccharoseangereichten Variante nicht so stark aus. In Abbildung 4.14 bis Abbildung 4.19 wurde dargestellt, dass bereits nach 10%vol Wasserentzug mittels VD 60% der insgesamt vorhandenen Terpene aus dem Most verdampft waren. Bei der Weiterkonzentrierung um nochmals 20%vol Wasser verlor der Most „nur“ weitere 25% der Terpene. Um mit dem Konzentrat (30%vol Wasserentzug) auf den gleichen Alkoholgehalt wie mit 10%vol Wasserentzug zu kommen, verschneidet man mit 75% Ausgangsmost (Rechenbeispiel bei 70°Oe Ausgangsmostgewicht). Man erhält im resultierenden Rückverschnitt 79% der ursprünglich vorhandenen Terpengehalte im Vergleich zu 40% nach 10%vol Wasserentzug von der Gesamtmenge. Wenn man keine andere Möglichkeit hätte, als aromareiche Moste mit Vakuumverdampfung zu konzentrieren, dann wäre eine starke Teilmengenkonzentrierung mit anschließendem Rückverschnitt zu empfehlen, um die Terpenverluste einzudämmen. Da in den hier beschriebenen Weißweinversuchen bei der VD meist mit Mosten ohne nennenswerte Freisetzung von Terpenen gearbeitet wurde, machten sich diese im

Most eingetretenen Verluste nicht mehr im Wein bemerkbar. Die Aufkonzentrierung der glycosidisch gebundenen Aromen und die Freisetzung der Aglyca in dem abgefüllten Wein bedingen bei Rebsorten, bei denen im Moststadium nur geringe Mengen an Aromastoffen frei vorliegen, eine Terpenanreicherung gegenüber der traditionellen Saccharoseanreicherung in annähernd gleichem Umfang wie UO.

Die VD-Variante beim 2000er Muskateller zeigte zusätzlich zu den Terpenverlusten gegenüber der Saccharosekontrolle und UO geringere Gehalte an Hexan-1-ol (180 µg/L VD, 245 µg/L sacch, 350 µg/L UO) und Hexylacetat (50 µg/L VD, 70 µg/L sacch, 160 µg/L UO). Dieses analytische Ergebnis wirkte sich in dem Fall nicht auf die Sensorik aus, beispielsweise in Niedrigerbewertung des vegetativen Attributes „grüne Bohne“. Berger [Berger 1998] hatte niedrigere Konzentrationen an C₆-Verbindungen durch VD als qualitätsfördernd bezeichnet, weil die „grünen, vegetativen“ Noten reduziert würden.

Die Verluste an Hexan-1-ol entstanden im Most, vergleichbar mit den Verlusten der freien Terpene. Dadurch wurde die Esterbildung entsprechend eingeschränkt (vgl. Kapitel 4.5.4). Auch dieser Befund konnte im Staatlichen Weinbauinstitut Freiburg bestätigt werden [Sigler, Amann et al. 2000; Sigler, Amann et al. 2001].

Aus den Kapiteln 4.5.1 und 4.5.4 wird ersichtlich, dass die Konzentrationen von 2-Phenylethanol und seines Esters 2-Phenylethylacetat bei VD signifikant niedriger lagen als bei der UO-Variante und zumeist auch niedriger als bei der Saccharosekontrolle. Dies deutet auf einen Verlust dieses Alkohols im Moststadium hin, wie von Berger [Berger 1998] beschrieben. Bei der UO-Variante des später gelesenen 2001er Rieslings wurden dagegen im Vergleich zur Saccharosekontrolle fünfmal höhere Konzentrationen an 2-Phenylethanol und 2-Phenylethylacetat gemessen. Eine ähnlich starke Konzentrationserhöhung von 2-Phenylethanol und seines Esters konnte man beim 2001er Chardonnay feststellen. Dies kann nur durch die Aufkonzentrierung des glycosidisch gebundenen 2-Phenylethanol erklärt werden, das während und nach der Gärung freigesetzt wird (vgl. Kapitel 2 „Glycosid-Glucose bei Mosten“).

Gemittelt über alle deskriptiv sensorisch verkosteten Versuchsreihen zeigten die UO-Varianten (vgl. Abbildung 4.53) gegenüber VD und der Saccharosekontrollvariante etwas höhere Bewertungen bei den fruchtigen Aromen und bei „blumig“. Damit wurde ersichtlich, dass bereits Konzentrationserhöhungen von 10-20% der Terpenalkohole durch UO im Vergleich zu Saccharose und VD sensorisch gut unterscheidbar sind.

Mostkonzentrierung durch Kälte: Bei der Anwendung der Gefrierkonzentrierung stellte man bei den Weinen gegenüber UO und VD deutliche Unterschiede fest. Die Kältekonzentrierung wurde, zum Schutz der Eisweine, für die Erzeugung von Q.b.A.-Weinen in Deutschland bislang nicht zugelassen, wohl aber für Tafelweine (Neunte Verordnung zur Veränderung der Weinverordnung vom 3. Juli

[2002]). Um ein möglichst breites Spektrum an physikalisch konzentrierenden Maßnahmen zu untersuchen, wurden an der FA Geisenheim Versuche mit der Schrägkühler-Konzentrierung und in geringerem Umfang auch mit Kühlzellen gemacht und in dieser Arbeit analytisch untersucht. SK zeichnete sich dadurch aus, dass bei den Terpenen die höchsten Konzentrationen aller Varianten festgestellt wurden. Dies ist nicht allein damit zu erklären, dass diese Variante technisch bedingt in vielen Fällen eine leichte Überkonzentrierung erfuhr. Andere Effekte sind offensichtlich für dieses Phänomen verantwortlich. Vor allem die starke Aufkonzentrierung der glycosidisch gebundenen Glucose ist in diesem Zusammenhang zu nennen (vgl. Abbildung 4.12). Die Anreicherung der Glycoside führt nach deren Hydrolyse während der Gärung und der Weinreifeung zu einer stärkeren Freisetzung der Aglyca, zu denen unter anderem auch die Terpenalkohole gehören. Für die überproportionale Anreicherung der Glycoside bei diesem Konzentrierungsverfahren werden zwei Ursachen vermutet. Zum einen wird das Beerenhautgefüge durch die Eiskristallbildung stärker mazeriert, was bei den Kernextrakten nachgewiesen werden konnte (siehe unten). Die intensivere Mazeration führt zu einem verstärkten Übertritt der Glycoside in den Most. Zum anderen ist es wahrscheinlich, dass traubenbürtige Mikroorganismen mit β -Glucosidaseaktivität und hoher Glucosetoleranz [Guerrand 2003] durch die Kälteeinwirkung denaturieren und die angereicherten Glycoside nicht wie bei den Varianten UO und VD beobachtet, hydrolysieren können (vgl. Kapitel 4.1.1.9).

Bei SK wurden geringere Säuregehalte festgestellt als bei den Vergleichsvarianten. Vor allem die Weinsäure wurde abgereichert (siehe Abbildung 4.21). Deren Konzentrationen lagen signifikant niedriger als bei unbehandelt, saccharoseangereicht, UO und VD und waren somit auf dem gleichen Niveau wie bei den Spätlesevarianten. Weinsäure ist die für das sensorische Säureempfinden bedeutendste Säure. Durch ihren niedrigen pK_{s1} von 2,98 trägt sie stärker zur Absenkung des pH-Wertes bei als die Äpfelsäure mit pK_{s1} von 3,48. Daher hatten die Moste nach SK die tendenziell höchsten pH-Werte, UO und VD die tendenziell niedrigsten (siehe Kapitel 4.1.1.2). Bei den Weinen wurde diese pH-Charakteristik umgekehrt. Allerdings trugen zu diesem Befund unterschiedlich starke Einflüsse des biologischen Säureabbaues bei, worauf in Kapitel 4.2.1 hingewiesen wurde. Daher spiegelt der pH-Wert bei diesen Weinen ein falsches Ergebnis wider.

Die Aufkonzentrierung der Terpene und die hohen Konzentrationen fruchtiger Ester bei gleichzeitig niedrigen Gehalten grüner Alkohole und niedrigeren Weinsäuregehalten, verbunden mit einem höheren pH-Wert, führen im Gesamtbild dazu, dass die Gefrierkonzentrierung, wie auch Chauvet [Chauvet 1998] feststellte, reifer wirkende Weine erzeugt. Dieses Verfahren soll den anderen Verfahren zur Mostkonzentrierung im Bereich der Dessertweine überlegen sein [Witowski 1999]. Chauvet [Chauvet 1998] folgert weiterhin, dass die Gefrierkonzentrierung nur für Weißweine geeignet ist. Die daraus hervorgegangenen Weine haben reifen oder überreifen Charakter und sind mit denen vergleichbar, die aus Auslese im Weinberg resultieren. Deshalb ist das Verfahren der „Kaltpressung“ in

Frankreich ein Selektionsverfahren und damit nicht zulassungspflichtig [Knoll 2000]. Es soll in schwächeren Jahren, die ansonsten zu einem Totalausfall bei Süßweinen (z.B. in Sauternes) führen, den Einfluss der Unreife von Trauben mindern.

Die starke Kernextraktion bei der SK-Mostkonzentrierung (Kapitel 4.1.1.7 und 4.2.8) spricht für eine Verstärkung des Reifeindrucks im jungen Weißweinstadium. Eine Extraktion der Flavanole Catechin und Epicatechin birgt große Gefahren für die Haltbarkeit der Weißweine. Zunächst jedoch kann sie zur Vollmundigkeit der Weine beitragen [Schneider 2002]. Die gekoppelte Autoxidation von Hydrochinonen (Catechin und Epicatechin) in Anwesenheit von Sauerstoff führt zur Bildung von H_2O_2 und zur Polymerbildung in der so genannten Wildenradt-Reaktion. Das gebildete Wasserstoffperoxid kann weitere Weinhaltstoffe oxidieren, beispielsweise Ethanol zu Acetaldehyd, wodurch die oxidative Weinveränderung weiter beschleunigt wird [Wildenradt, Singleton 1974]. Dieser Vorgang ist auch durch höhere SO_2 -Gaben nicht zu stoppen [Schneider 2002]. Fruchtige Aromen gehen verloren und frühzeitige Altersfirne entwickelt sich. Ein Verlust fruchtiger Aromen konnte in dem jungen Weinstadium, in dem die Aromaanalyse erfolgte, noch nicht festgestellt werden. Tendenziell höhere α -Terpineol-Gehalte (20% höher als die übrigen Varianten) deuten eventuell in diese Richtung, da α -Terpineol während der Lagerung durch den in Abbildung 2.9 beschriebenen Oxidationsmechanismus entsteht.

Eine schnellere Alterung der SK-Weine im Vergleich zu den übrigen Varianten kann man an der „UTA“-Tendenz festmachen. Zwar wurde bei keinem Versuchswein „UTA“ ausdrücklich bemängelt, dennoch traten bei SK in diesem Punkt die höchsten Bewertungen aller Varianten (signifikant höher als bei Saccharose und UO) in der deskriptiven Sensorik auf (Abbildung 4.53).

Eine zusätzliche Folge der oxidativen Veränderung bei Weißweinen ist die Tendenz zur Hochfarbigkeit (verstärkte Braunfärbung). Dies wurde in Abbildung 4.26 beschrieben. Mit einer intensiveren gelben Farbe vermittelt ein Wein bei der sensorischen Beurteilung einen reiferen Eindruck.

Die guten sensorischen Bewertungen der jungen gefrierkonzentrierten Weißweine deuten darauf hin, dass, wie bereits in Frankreich praktiziert, eine Selektionierung des Lesegutes stattfindet, was zu reiferen Weinen führt. Es bestehen aber Zweifel, ob diese Weine so lange haltbar sind wie ihre Vergleichsvarianten. Weitere Verkostungen der Weine nach zwei oder drei Jahren Lagerung könnten dahingehend Aufschluss bringen.

Berger und Gaillard [Berger, Gaillard 1998] fassen ähnliche Resultate wie oben beschrieben zusammen und kommen zu dem Resultat, dass das Anwendungsgebiet der Gefrierkonzentrierung aufgrund seiner hohen Kosten eingeschränkt ist (16-31€/hL ohne Berücksichtigung des Mengenverlustes, vgl. Tabelle 5.4).

Die Versuche in Baden mit Rot- und Weißmosten ergaben eine Bevorzugung der UO und VD gegenüber der Kältekonzentrierung. Letztgenannte Variante schnitt aber besser ab als die

Saccharosekontrollvariante [Krebs 1999]. In späteren Versuchsjahren wurde die Gefrierkonzentrierung wegen verfahrenstechnischer Mängel und unbefriedigender sensorischer Ergebnisse nicht mehr durchgeführt [Sigler, Amann et al. 2000].

Die an der Forschungsanstalt Geisenheim durchgeführten Versuchsvarianten zur Gefrierkonzentrierung zeigten bei der sensorischen Beurteilung im Weißweinbereich eine tendenzielle Bevorzugung von SK gegenüber den mitgeführten Kontrollvarianten (unbeh, sacch) sowie gegenüber UO und VD. Bei der sensorischen Rotweinbeurteilung wurde eine Umkehrung der Weißweinergebnisse festgestellt. Hier lag die SK-Variante abgeschlagen auf dem letzten Platz [Weber, Christmann et al. 2002]. Diese unterschiedlichen Resultate der Gefrierkonzentrierung bei Rot- und Weißwein bestätigen einerseits die Ergebnisse aus Frankreich, wo die Kaltpressung ausschließlich im Weißweinbereich eingesetzt wird und andererseits die negativen Befunde in Baden, wo das Hauptaugenmerk der Mostkonzentrierung auf Rotweine gehobener Qualität gelegt wird.

Auswirkungen eines späteren Lesetermins: Bei den Versuchsreihen Riesling und Weißburgunder des Jahrgangs 2001 gab es Varianten, die früher und später aus der gleichen Lage gelesen wurden. Der frühere Lesetermin war Ende September, der spätere Termin Ende Oktober für Weißburgunder und Anfang November für den Riesling. Durch die UO-Mostkonzentrierung wurden 13%vol Alkohol beim Riesling und 14%vol Alkohol beim Weißburgunder erreicht. Gerade beim späteren Lesetermin wirkte sich die Mostkonzentrierung in stärkeren „bitter-“ und „adstringent-“ Bewertungen gegenüber der Saccharosekontrolle bei der deskriptiven Sensorik aus.

Die Auswirkungen eines späten Lesetermins im Vergleich zur Umkehrosmosebehandlung eines Mostes bei normalem Lesezeitpunkt lassen sich gut beim Chardonnay 2001 beobachten. Dazu sei auf einige gaschromatographisch quantifizierte Verbindungen näher eingegangen: Isoamylacetamid, wie auch weitere N-Acetamide, wurde bislang nur im Wein, nicht im Most nachgewiesen [Würdig, Woller 1989]. Deshalb ist anzunehmen, dass diese Substanzen während der Hefegärung gebildet werden. Hefen acetylieren im anaeroben Medium ausschließlich primäre Amine zu sekundären N-Alkylamiden. Aus sekundären Aminen oder L-Aminosäuren werden keine N-Acetylamine gebildet [Schreier, Drawert et al. 1975]. Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass mit zunehmender Maischestandzeit die Gehalte der N-Acetamide deutlich zunehmen, während die Gehalte an Hexan-, Octan- und Decansäuren, deren Ethylester und die Essigsäureester der höheren Alkohole abnehmen [Würdig, Woller 1989]. Die Konzentrationen von Hexylacetat reduzierten sich beim 2001er Chardonnay von 122µg/L (Saccharosekontrolle) auf 81µg/L (späte Lese). Die Konzentrationen von Isoamylacetamid stiegen an von der Nachweisgrenze 1µg/L (Saccharosekontrolle) auf 5µg/L (späte Lese). Spätere Lesetermine können demnach ähnliche Isoamylacetamid-Effekte hervorrufen wie eine längere Maischestandzeit, weil die Beerenschalen z.B. durch Botrytis oder Vogelfraß beschädigt werden und somit die gleichen Enzyme freigesetzt werden, die auch in der Maische wirken. Die

Essigsäurekonzentrationen steigen an, möglicherweise auch die Gehalte des Reaktionspartners Isoamylamin, so dass die Gärhefen aus höherer Substratmenge auch mehr Isoamylacetamid bilden können.

Zusätzlich zu diesen Ergebnissen war bei der spät gelesenen 2001er Chardonnay-Variante eine höhere Konzentration bei dem Terpenalkohol Nerol (7µg/L) gegenüber der saccharoseangereicherten Variante und UO (beide Varianten: 3µg/L) der früheren Lese feststellbar (4.5.2). Weiterhin waren die Konzentrationen zwischen 10 und 20% bei Linalool und Hotrienol gegenüber der Saccharosekontrolle und UO erhöht. Daraus resultierend, zeigte die Spätlesevariante auch sensorisch ein intensiveres Bukett nach reifen Früchten. Das deskriptiv sensorische Prüferpanel schrieb dieser Variante doppelt so hohe Bewertungen in „Maracuja“ und bei „blumig“ zu. Man kann diese eine Versuchsreihe nicht als allgemein gültigen Trend werten, aber offenbar bieten weinbauliche Maßnahmen zumindest im Weißweinbereich größere Möglichkeiten, eine Qualitätssteigerung zu bewirken als die physikalische Mostkonzentrierung.

Rangfolgeverkostung der Weißweinversuchsreihen:

Tabelle 5.3 Rangsummen ($R = \sum \text{Nominierungen Platz}_1 * 1 + \dots + \sum \text{Nominierungen Platz}_n * n$); Weißweine der Jahrgänge 2000 und 2001 (Sterne geben das Signifikanzniveau zu sacch aufgrund von Friedman-Test an)

Jahrgang, Rebsorte	R _{sacch}	R _{UO}	R _{Sonstige}	Anzahl der Verkoster (n)
2000er Muskateller	89	48**	73 (VD)	35
2000er Riesling	69	67	68 (UO+sacch)	34
2000er Weißburgunder	79	60*	59* (Rückverschnitt)	33
2001er Riesling (frühe Lese)	47	58		35
2001er Riesling	107	118		75
2001er Weißburgunder (frühe Lese)	114	111		75
2001er Chardonnay	54	83**	67 (späte Lese)	35

Im Vergleich zu den Rangfolgebewertungen bei den Rotweinen wurden bei den Weißweinen insgesamt weniger signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Varianten erkennbar.

Das intensivere Bukett der UO-Variante des 2000er Muskateller machte sich in einer signifikant besseren Bewertung gegenüber der saccharoseangereicherten Variante und VD bemerkbar (siehe Tabelle 5.3). Bei VD dieser Versuchsreihe mit Maischestandzeit führten offenbar die Verluste der freien Terpene zu signifikant schlechteren Rangsummen gegenüber UO.

Beim Riesling gab es in keinem Jahrgang signifikante Präferenzen. Bei den 2001er Versuchsreihen wurden die Saccharosevarianten tendenziell bevorzugt. Der Lesetermin spielte dabei keine Rolle. Auch bei den Rebsorten der Burgunderfamilie konnten keine eindeutigen Präferenzen für eine Variante erkannt werden. Mal wurde die Saccharosekontrolle besser bewertet, mal UO.

Die Beurteilung der Tabelle 5.3 führt für die UO- und VD-Mostkonzentrierung von Weißmosten und dem daraus erzeugten Wein im Vergleich mit der traditionellen Saccharoseanreicherung zu einem ernüchternden Fazit. Lediglich der terpenreiche 2000er Muskateller und der 2000er Weißburgunder konnten von der UO-Konzentrierung profitieren. Dafür waren die Aromaintensivierung und die Verbesserung des Mundgefühls verantwortlich. Negative Eigenschaften wurden in diesen Fällen nicht so stark aufkonzentriert bzw. durch die positiven Eigenschaften überlagert. Dieses Ergebnis für Muskateller wurde von Winzern bestätigt, die bereits mit Ausnahmegenehmigung konzentrieren durften. Die Aromen der Weine nach Mostkonzentrierung wurden „intensiv und wunderschön strahlend“ beschrieben [Bader 2000].

In allen anderen Fällen wurden die Weine durch die Mostkonzentrierung qualitativ nicht besser, obwohl sie in der deskriptiven Sensorik und in der Aromaanalytik mehr Fruchtaromen aufweisen konnten als die Saccharosekontrolle. Aber auch negative Eigenschaften wie „Säure“ und „grüne Bohne“ oder „rauchig“ wurden durch UO und VD angehoben. So entstand oftmals ein unharmonisch breiter Wein. Praxiserfahrungen einiger Winzer bestätigten dies. Insbesondere beim Riesling wurde nach Mostkonzentrierung ein breiter, fülliger, reifer Geschmack konstatiert im Vergleich zu den rassigen, schlanken Gegenproben [Bader 2000]. Trotz insgesamt positiver Bewertung der physikalischen Mostkonzentrierung bemerkt Lange [Lange 2000], dass ihre Anwendung bei säurereichen Rieslingen fatal sei, weil der Wein aus der Balance geriete.

Ähnliche Rückmeldungen gab es bei den Diskussionen im Anschluss an die Rangfolgeverkostungen. Die Prüfer beschrieben, dass bei den konzentrierten Rieslingvarianten gegenüber der Saccharosekontrolle sowohl die zu hohe Säure als auch die zu hohen Alkoholgehalte als störend empfunden wurden. Trotz gleicher analytischer Alkoholeinstellung zwischen Saccharose und UO wurde der Alkoholgehalt bei den konzentrierten Rieslingweinen offenbar stärker wahrgenommen.

Im Gegensatz zu den Burgundern, wo es eine einheitliche Stilistik gibt, die vollmundige, körperreiche und alkoholbetonte Weine fordert, variiert die Rieslingstilistik stark je nach Anbaugebiet und Winzer. Sie reicht von leichten, säurebetonten Weinen von Mosel-Saar-Ruwer und Rheingau über aromabetonte, milde und körperreiche Rieslinge aus Pfalz und Rheinhessen bis hin zu säureärmeren und alkoholreichen badischen und österreichischen Rieslingen [Fischer 2002].

Dass sich der Mehraufwand der Mostkonzentrierung im Vergleich zur Saccharoseanreicherung bei Weißweinen nicht auszahlt, erscheint jedoch zu pauschal, wenn man bedenkt, dass neue Weintypen erzeugt wurden. Diese waren in der Endbewertung nicht besser als die traditionell erzeugten, aber möglicherweise bedienen sie in Zukunft ein neues Marktsegment, das bisher von den Winzern nicht angeboten werden konnte und führen so zu Wettbewerbsvorteilen. Auch als Verschnittpartner könnten sie interessant sein. Der experimentierfreudige Winzer hat neben seinen spritzigen, schlanken, traditionell erzeugten Weinen nun auch breite, vollmundige, mostkonzentrierte Weine und somit Möglichkeiten, diese Eigenschaften für seinen Betrieb zu nutzen.

Fazit: Zusammenfassend kann man festhalten, dass Umkehrosmose sich sowohl für Weiß- als auch für Rotmoste eignet und somit als „Allroundtechnologie“ zu bewerten ist. Dieses Verfahren ist einfach in der Handhabung, platz- und energiesparend und schonend für den Most. UO verlangt aber den Einsatz trubfreier Moste. Diese können durch Flotation, Absetzenlassen, unterstützt durch Pektinasen, oder Filtration (Hefefilter, Kieselgurfilter) erzeugt werden. Die Voraussetzungen der Mostvorbereitung für die Konzentrierung sind in jedem Winzer-Betrieb gegeben.

Auch für die Vakuumverdampfung sollte man auf derartige Moste zurückgreifen, um einen reibungslosen Prozessablauf zu gewährleisten. Dieses Verfahren ist etwas trubunempfindlicher und leistungsstärker, so dass es für Teilmengenkonzentrierungen insbesondere bei Rotweinmaisvergärungen prädestiniert ist. Bei Weißmosten, die reich an freien Aromen sind, sollte es auf keinen Fall verwendet werden, da Verluste dieser wertvollen Aromen qualitativ abträglich sind.

Die Lohnunternehmer, die diese Verfahren anbieten, wissen über die technischen Tücken jedes Verfahrens Bescheid. Sie werden die Winzer, schon aus ökonomischen Gründen, in Vorgesprächen darüber informieren, welche Maßnahmen zu treffen sind, um einen reibungslosen Ablauf der Konzentrierung zu gewährleisten.

Das Interesse an der physikalischen Mostkonzentrierung ist groß. Viele Winzer stehen den Verfahren sehr offen gegenüber, aber verständlicherweise gibt es auch viele skeptische Stimmen, wie dies bei der Einführung aller neuen Technologien der Fall ist.

Die Zulassung der Mostkonzentrierung für Tafelweine und Qualitätsweine ohne Prädikat zum Herbst 2002 in Deutschland war, trotz anfänglicher Bedenken seitens des zuständigen Ministeriums [Haupt 1993], eine wichtige Entscheidung, um auf dem internationalen Weinmarkt technologisch nicht den Anschluss zu verlieren und Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden. Nach den Vorschriften der gemeinsamen Marktordnung für Wein sind Konzentrationsverfahren zugelassen. Nur in Deutschland waren sie bis dato verboten, während Weinerzeuger europäischer Nachbarländer diese bereits einsetzten [Koch, Hieronimi et al. Stand: Januar 2003]. Sicherlich sind durch die Mostkonzentrierung keine Quantensprünge in punkto Qualitätsverbesserung zu erwarten. Was nicht im Weinberg als Grundlage gelegt wurde, kann auch nicht aufkonzentriert werden. Aber die physikalischen Mostkonzentrierungsverfahren haben die Weine gegenüber der Chaptalisierung in keinem Fall signifikant verschlechtert. Insofern kann man durch ihre Anwendung möglicherweise einen ökonomischen, nicht aber einen qualitativen Schaden davontragen.

Umkehrosmose und Vakuumverdampfung können helfen, eine Grundqualität sicherzustellen und zwar in den Jahren, in denen die Trauben witterungsbedingt noch vor der Vollreife geerntet werden müssen. Vor allem sollen sie aber bei absolut hochwertigem Lesegut eine weitere Verbesserung herbeiführen, da man gerade bei solchem Material darauf achtet, dass kellerwirtschaftlich alle qualitätsfördernden und -sichernden Maßnahmen genutzt werden.

Die Argumentation, dass Wein ein reines Naturprodukt ist und dass er nicht durch technische Verfahren verändert werden darf und insofern Konzentrierungsverfahren zu verbieten seien, ist nicht zu halten. Saccharosezusatz oder Schwefelung entsprechen ebenfalls nicht dem Gedanken, Weine in natürlichem Zustand zu belassen. Trotzdem erregt dies nicht die Gemüter [Faßbender 2000]. Daher sollte man, wie auch von Randow [von Randow 1999] fordert, den Verbraucher über die Zukunft der Mostkonzentrierung entscheiden lassen, zumal die Mostkonzentrierung nur Wasser entzieht und keine traubenfremden Substanzen zusetzt. Auch an die Emnid-Studie (Kapitel 1) sei an dieser Stelle erinnert. Sicherlich können UO und VD die Saccharoseanreicherung nicht ersetzen. Das geht insbesondere in der Weinbauzone A nicht. Es gibt Rebsorten, die in Durchschnittsqualitäten naturgemäß nicht mehr als 60-70°Oe an Mostgewicht bringen. Um daraus selbstständige Weine zu erzeugen, muss die maximale Anreicherungsspanne von 3,5%vol Alkohol mit Saccharose voll ausgenutzt werden. Speziell in schwächeren Jahrgängen ist diese Anreicherungsspanne zwingend erforderlich. Rechtlich sind für die Mostkonzentrierung nur 2%vol zugelassen. Daher scheiden physikalische Konzentrierungsverfahren für solche Grundqualitäten von vornherein aus.

5.3 Beurteilung der Weinkonzentrierung unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Weinanalysen und der Weinsensorik

Eine interessante, wenn auch nicht erlaubte Methode der Anreicherung von Inhaltsstoffen im Endprodukt ist die Weinkonzentrierung mit physikalischen Verfahren. Als Methode kommt nur das UO-Verfahren in Frage, da durch VD leicht flüchtige Aromastoffe und Alkohol vor dem Wasser verdampfen und somit ein Qualitätsverlust eintreten würde. Die Aromen müssten umständlich zurückgewonnen und dem Wein zugesetzt werden [Fischer 1995]. Auch die Kältekonzentrierung scheidet aus, da nur mit sehr niedrigen Temperaturen aus der alkoholischen Lösung Eis ausgefroren werden kann.

Einige praktische Vorteile hätte die Weinkonzentrierung gegenüber der Mostkonzentrierung. Man könnte sich direkt vielversprechende Weine auswählen, bei denen eine Konzentrierung die Qualität verbessern könnte. Außerdem könnte man die Weine dann behandeln, wenn es in den Arbeitszeitplan passt und nicht wie beim Most, unmittelbar nach der Lese und damit während einer Arbeitsspitze.

In Kapitel 4.7 konnte nachgewiesen werden, dass durch die Weinkonzentrierung, ähnlich wie bei der Mostkonzentrierung, sämtliche Hauptinhaltsstoffe abhängig vom Wasserentzug angereichert werden. Ausnahmen bilden Essigsäure und Ethanol, die aufgrund ihrer geringen Molekularmasse in gleichem Maße (etwa 60%, vgl. Kapitel 4.7.1) durch die UO-Membran permeieren können. Sowohl der Ethanol- als auch der Essigsäureschlupf ist positiv zu bewerten. Die Entfernung von Essigsäure wirkt sich insbesondere bei Weinen aus reifem Lesegut mit erhöhten Gehalten an flüchtiger Säure aus. Der Ethanolverlust erlaubt eine gegenüber dem Alkoholgehalt überproportionale Anreicherung

wertgebender Weinhaltstoffe wie Farbpigmente, Tannine und Aromastoffe, auf die im Folgenden noch näher eingegangen werden soll.

Vergleichbar mit der Mostkonzentrierung wurde auch bei der Weinkonzentrierung mittels UO Weinsteinausfall beobachtet.

Bei den Rotweinkonzentrierungen konnten Anreicherungen von flavonoiden und nicht flavonoiden Phenolen in gleichem Umfang beobachtet werden. Die Authentizität der konzentrierten Weine blieb erhalten.

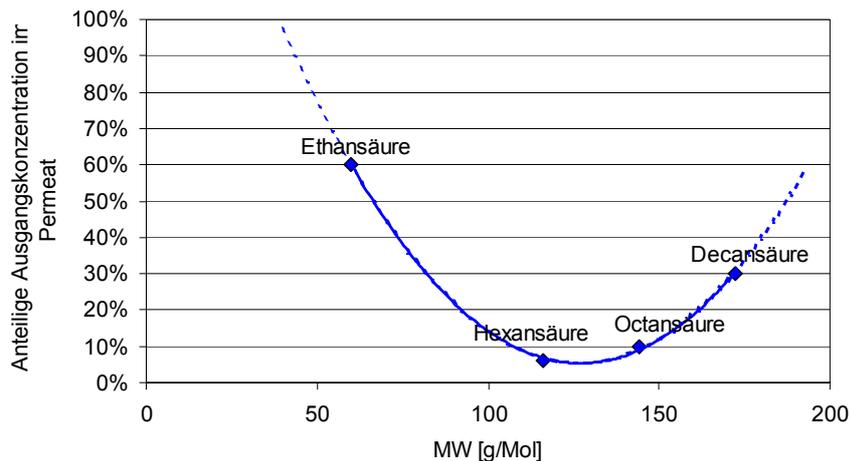


Abbildung 5.2 Verluste organischer Säuren ins Permeat abhängig von der Molekularmasse

Bei den Weißweinkonzentrierungen wurden für die Aromastoffe ähnliche Ergebnisse festgestellt wie bei den Rotweinphenolen. Sowohl Gärungsnebenprodukte wie Ester, ein Großteil der Alkohole und organischen Säuren als auch traubenbürtige Aromen wie die Terpene wurden angereichert. Die in der Literatur bei der UO-Konzentrierung von Zitronensaft [Kane, Braddock et al. 1995] ermittelte Rückhaltefähigkeit der semipermeablen Membran für die sehr aromarelevanten Terpenalkohole (rund 99%) konnte bestätigt werden (Abbildung 4.55).

Die Verluste ins Permeat unterschieden sich bedingt durch Molekulargewicht und Polarität. Allerdings gingen in keinem Fall sensorisch feststellbare Mengen einer Substanz verloren. Zu Abbildung 5.2 muss angemerkt werden, dass bei Essigsäure der korrigierte Wert von 60% (Messungenauigkeiten siehe Kapitel 4.7.1) verwendet wurde. Man kann erkennen, dass bemerkenswerte Verluste ab Molekulargewichten (MW) < 80g/Mol (30% der Ausgangskonzentration im Permeat entsprechen bei 15% Permeatentzug einem absoluten Verlust von 5% des Analyten) und bei niedriger Polarität (Decansäure) entstehen.

Die Verluste der Analyten bei geringer Molekularmasse sind durch die Porengröße der semipermeablen Membran bedingt. Bei sehr unpolaren Substanzen tritt noch ein weiterer Effekt ein, nämlich die hohe Affinität zur unpolaren Polyamidschicht der Membran (siehe Abbildung 3.2). Das

unpolare Molekül wird dann nach und nach durch das bei der Weinkonzentrierung ethanolreiche Permeat ausgespült und findet sich dort wieder.

Bei der deskriptiv sensorischen Beurteilung der konzentrierten Weißweine wirkte sich die Anreicherung der Hauptinhaltsstoffe gegenüber den unbehandelten Weinen in signifikant stärkeren Bewertungen von „Körper“, „Adstringenz“, „Bittere“ und „Säure“ aus. Die Anreicherung sämtlicher Aromastoffspezies bewirkte eine Steigerung bei der sensorischen Wahrnehmung von nahezu allen untersuchten Fruchtaromen.

Es bleibt festzuhalten, dass die Weinkonzentrierung mittels UO ebenso wie die Mostkonzentrierung wertgebende Inhaltsstoffe anreichert. Dabei steigt der Alkoholgehalt dieses Weines nicht in gleichem Maße wie die übrigen Inhaltsstoffe. Das Verfahren kann daher nur bedingt zur Erhöhung des Alkoholgehaltes (quasi als nachträglicher Ersatz der Saccharoseanreicherung) eingesetzt werden.

Bei einer weinrechtlichen Zulassung wäre das Verfahren dazu geeignet, selbstständige, qualitativ hochwertige Weine noch intensiver zu gestalten und dies zu jedem vom Winzer gewünschten Zeitpunkt und nicht, wie bei der Mostkonzentrierung, in der Hauptsaison.

Dies kann aber nur funktionieren, wenn sämtliche negativen Beeinflussungen des Weines, wie sie an der FA Geisenheim mit verschiedenen UO-Anlagen festgestellt wurden [Weber, Christmann et al. 2002], komplett ausgemerzt werden. Ansonsten wäre für den Winzer das Risiko zu groß, ein Fehleroma in einen guten Wein einzubringen.

Weiterhin gewinnt die UO-Anwendung als erster Schritt bei der Entfernung flüchtiger Säure aus Weinen an Bedeutung. In Abbildung 5.2 wurde die hohe Permeationsrate der Essigsäure veranschaulicht. Führt man das Permeat über einen Anionenaustauscher, so werden die Acetatanionen und weitere Anionen flüchtiger Säure (beispielsweise Formiat) gegen Hydroxid-Anionen ausgetauscht. Das Permeat ist frei von flüchtiger Säure und kann dem Wein wieder zugesetzt werden. Dieser Vorgang geschieht im Kreislauf. Versuchsweise wurden im Herbst 2000 und 2001 bereits gute Erfahrungen mit derartigen Anlagen der Firma Paetzold an der SLFA Neustadt a.d.W. gesammelt [Fischer 2001]. Auch dieses Verfahren wartet noch auf seine Zulassung.

5.4 Beurteilung der Kontrollmöglichkeiten der Most- bzw. der Weinkonzentrierung

Ein vielversprechendes Verfahren, das auf der $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Isotopenverteilung basiert, wurde am Forschungszentrum Jülich auf seine Aussagekraft überprüft. Es ist begründet auf der Überlegung, dass durch Wasserentzug aus Most oder Wein eine Fraktionierung der stabilen Isotope des Wassers stattfinden kann. Voraussetzung dafür ist, dass der Trennvorgang mit einem Phasenübergang verbunden ist und keine rein mechanische Abtrennung, wie z.B. Filtration, darstellt. Bei der Vakuumverdampfung und Kryoextraktion finden solche Phasenübergänge statt. Bei der

Umkehrosiose wären höchstens Effekte durch unterschiedliche transmembrane Diffusionsverhalten denkbar.

Die Ergebnisse waren nicht so eindeutig wie erhofft. Bei der UO-Methode handelte es sich offenbar um eine rein mechanische Wasserabtrennung ohne Einfluss auf die $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Isotopenverteilung, die in der Kontrolle, im behandelten Most und im Permeat vergleichbar war. Auch bei der Kryokonzentrierung wurden keine Effekte außerhalb der methodischen Streuung beobachtet. Lediglich bei der Vakuumverdampfung gab es einen Trenneffekt Wasser-Wasserdampf. Das Destillat war bis zu -8‰ und -9‰ abgereichert, verglichen mit einem internationalen Standard (für $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ das Standard Mean Ocean Water). Man fand diese starke Abreicherung nur im Destillat, nicht aber als Anreicherung im Konzentrat. Hier wurden lediglich $+1\text{‰}$ bis $+2\text{‰}$ gemessen, was innerhalb der natürlichen Variation des Anbaugesbietes lag [Förstel 2001].

Die analytischen Unterschiede zwischen nicht angereicherten Weinen, den Saccharosekontrollvarianten und den Weinen nach physikalischer Mostkonzentrierung aus Kapitel 4 waren bei einigen Parametern signifikant. Dies lässt eine Unterscheidbarkeit der Weine auf der Basis einer Diskriminanzanalyse vermuten. Fischer [Fischer 2002] untersuchte dies unter Berücksichtigung der Gehalte an Magnesium, Calcium, Zitronensäure, Gesamtphenole, zuckerfreiem Extrakt und den $d_{20/20}$ -Werten bei 34 Weinen des Jahrgangs 1999, die in Kooperation der SLFA Neustadt a.d.W. mit der FA Geisenheim erzeugt wurden. Keine überzeugende Diskriminierung konnte zwischen den angereicherten Varianten und den aus der Mostkonzentrierung stammenden Weinen erreicht werden. Gleiches wurde beim Vergleich Saccharoseanreicherung und unbehandelt festgestellt. Bei der Validierung des Diskriminanzmodells konnten immerhin 90% der aus der Mostkonzentrierung stammenden Weine richtig zugeordnet werden. Die Unterscheidung zwischen UO und VD gelang erwartungsgemäß nicht. Kritisch zu bewerten war allerdings die geringe Anzahl an Versuchsweinen.

Der in dieser Arbeit durchgeführte Nachweis der physikalischen Konzentrierung mittels FT-IR und PCA (Kapitel 4.8.1) konnte lediglich extrem stark aufkonzentrierte Weine als solche identifizieren. Der Nachweis von Mostkonzentrierung im Bereich von 2%vol Gesamtalkoholerhöhung gelang nur bei den einprogrammierten Versuchsweinen. Man könnte die Aussagekraft von FT-IR und PCA noch verbessern, indem man Kalibrierungen für verschiedene Weintypen erstellen würde, beispielsweise nur Rotweine, nur restsüße Weißweine, nur trockene Weißweine. Allerdings benötigt man dafür eine entsprechende Referenzprobenanzahl, die nicht leicht zu besorgen sein dürfte. Ob damit sämtliche Mostkonzentrierungen oder geringfügige Überkonzentrierungen nachgewiesen werden könnten, bleibt fraglich.

Das Promass 63 als Kontrollmethode (Kapitel 4.8.2) von physikalischer Konzentrierung lieferte viele Informationen für den Anwender, nämlich den Verlauf der Dichte, des Wasserentzuges und damit die genaue Endpunktbestimmung.

Es wäre mit diesem Gerät möglich gewesen, Weinkonzentrierung von Mostkonzentrierung und eventuelle Überkonzentrierungen nachzuweisen. Dann müsste allerdings an jeder in Deutschland vorhandenen Konzentrierungsanlage ein derartiges Kontrollgerät mit Datenaufzeichnung angebracht sein. Dies müsste verplombt und für die Weinkontrolle zugänglich sein, um Eintragungen in ein Protokollbuch und im Datenträger auf Übereinstimmung zu überprüfen. Der Installations- und Überwachungsaufwand steht dieser theoretischen Kontrollmöglichkeit im Wege.

Insgesamt betrachtet, waren weder die eigenen Bemühungen zum Nachweis der Most- oder Weinkonzentrierung noch die Ergebnisse anderer [Förstel 2001] zufrieden stellend. Wie diese Arbeit zeigt, gibt es sowohl nach Mostkonzentrierung als auch nach Weinkonzentrierung etliche signifikante Unterschiede zwischen konzentrierter Variante und Kontrollvariante. Soll man dagegen anhand der Analyseergebnisse eines Weines ein Urteil abgeben, ob dieser innerhalb der erlaubten Grenzen konzentriert wurde oder nicht, so erscheint dies nahezu unmöglich, weil zu selten eine Kontrollvariante vorliegt. Die große natürliche Varianz der Gehalte der Analyten im Wein, bedingt durch Rebsorte, Lage und Jahrgang, lassen einen entsprechenden Nachweis bislang nicht zu. Dieses Resultat könnte bedrohlich sein für das deutsche Prädikatsweinsystem [Dörr 1999], da es ohne analytische Nachweismethode möglich wäre, Moste illegal in eine höhere Prädikatsstufe zu heben.

5.5 Kostenbetrachtung der physikalischen Konzentrierung

In dieser Arbeit geht es hauptsächlich darum, Auswirkungen verschiedener Anreicherungsverfahren in analytischer und sensorischer Hinsicht zu vergleichen und Aussagen darüber zu treffen, ob die physikalische Konzentrierung gegenüber der traditionellen Anreicherung von diesem Standpunkt aus Vorteile bringt. Dennoch ist die Frage nach den Kosten dieser Verfahren berechtigt und wird häufig bevorzugt von den potenziellen Anwendern gestellt. Da im Rahmen dieses Forschungsprojektes keine Kostenkalkulationen angestellt wurden, kann an dieser Stelle nur auf die Literatur verwiesen werden, die zu unterschiedlichen Ergebnissen in dieser Hinsicht kommt (Tabelle 5.4).

Tabelle 5.4 Kostenkalkulation der Mostkonzentrierung von verschiedenen Autoren

Autoren	Anlagenfixkosten [€/hL]	Betriebskosten [€/hL]	Mengenverlust [€/hL]	Summe [€/hL]	Anmerkung
R. Steidl (Klosterneuburg) Intervitis [2001], [Hiestand 2002]				50	bezogen auf kleinere Betriebe bis 10ha. Mengenverlust miteinkalkuliert
[Fischer, Clos et al. 2002]	13	4	39	56	Bsp. Dornfelder (Fassweinspreis 2,20€/L), Weinmenge 40000L, 18% Wasserentzug, Einzelbetrieb
[Fischer, Clos et al. 2002]	3	4	39	46	Bsp. Dornfelder (Fassweinspreis 2,20€/L), Weinmenge 40000L, 18% Wasserentzug, Betriebsgemeinschaft
[Guimberteau, Noilet 1998] UO	4,35	2,40	-	6,75	bezogen auf größere Betriebe (30ha). Mengenverlust nicht einkalkuliert
J.-L. Berger UO (Indagro) Intervitis [2001]	1,44-4,31	4-11	-	5,44-15,31	bezogen auf größere Betriebe (30ha). Mengenverlust nicht einkalkuliert
J.-L. Berger VD (Entropie) Intervitis [2001]	2,51 – 4,48	3 - 9	-	5,51 - 13,48	bezogen auf größere Betriebe (30ha). Mengenverlust nicht einkalkuliert

Die Anschaffung einer physikalische Mostkonzentrierungsanlage lohnt sich kaum für kleine Winzerbetriebe, wie sie in Deutschland und Österreich überwiegend zu finden sind. Die Mehrkosten pro Liter Wein von 50 Cent, für kleinere zu konzentrierende Mengen errechnet (erste drei Zeilen der Tabelle 5.4), müssen erst einmal verdient werden. Dabei spielen die Anlagenfixkosten und die Betriebskosten eine eher untergeordnete Rolle. Sie wurden von allen Autoren zwischen 6 – 17 € pro Hektoliter Wein beziffert. Durch Bildung von Betriebsgemeinschaften, die sich eine Anlage teilen, können diese Kosten entscheidend gesenkt werden (Zeilen 2 und 3 der Tabelle 5.4). Der größte finanzielle Verlust entsteht für die Winzer durch die Mengenreduzierung. Dies wirkt sich finanziell je nach Weinpreis mit etwa 40 Cent pro Liter aus.

Bei größeren Volumina (z.B. die französischen Kalkulationen: 3000 hL Most bei 15%vol Wasserentzug auf 2550 hL Wein reduziert) sind die Kosten pro Liter Wein relativ gering (10 Cent). Hinzu kommt noch, dass in den großen französischen Weinanbaugebieten für die A.O.C.-Weine (Appellation d'origine contrôlée) starke Hektarhöchsttragsbeschränkungen gelten, das heißt, dass der Winzer nur gewisse Mengen dieser Lagebezeichnung zu dem entsprechenden Preis ernten und absetzen darf. Für Übermengen erzielt er, falls er sie überhaupt absetzen darf, nur noch einen Bruchteil dieses Preises. Daher fallen die Volumenverluste durch die Mostkonzentrierung bei der

Erzeugung von Übermengen nicht ins Gewicht und wurden von den entsprechenden Autoren in der Kalkulation der Tabelle 5.4 (Zeilen 4 – 6) nicht berücksichtigt.

Die physikalische Mostkonzentrierung in Deutschland wird in naher Zukunft nur bei einigen Spitzenbetrieben angewendet werden, die bei hochpreisigen Produkten die Mehrkostung der Konzentrierung an den Verbraucher weitergeben können. Wegen der gesetzlich unterschiedlich geregelten Anreicherungsstufen in Weinbauzone A mit Saccharose und durch Wasserentzug (vgl. Kapitel 5.2 „Fazit“) und auch, wie in diesem Kapitel dargestellt, aus ökonomischen Gründen ist die physikalische Konzentrierung kein Ersatz für die traditionelle Saccharoseanreicherung. Diese Erkenntnisse werden von anderen Autoren geteilt [Blankenhorn 2001; Sigler, Amann et al. 2001].

6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die Auswirkungen weinbaulicher und kellerwirtschaftlicher Anreicherungsverfahren mit der traditionellen Anreicherung durch Saccharose und der unbehandelten Variante verglichen. Die Auswirkungen wurden analytisch und sensorisch erfasst. Die physikalischen Mostkonzentrierungsverfahren zeichnen sich dadurch aus, dass nicht flüchtige Mostinhaltsstoffe mit einem Molekulargewicht größer als 80g/Mol in erwartetem Maße angereichert werden. Diese Anreicherung ist auch im Wein sowohl analytisch als auch sensorisch feststellbar. Ausnahmen von diesem Anreicherungsverhalten bilden Kalium und Weinsäure, die während des Konzentrierungsvorganges als Weinstein ausfallen. Somit steigt auch die titrierbare Säure nicht in theoretisch erwartbarem Maße und der pH-Wert bleibt nahezu gleich wie beim unbehandelten Most bzw. Wein.

Die üblicherweise angewendeten, weil kostengünstigeren und auch für Qualitätswein b.A. zugelassenen physikalischen Konzentrierungsverfahren sind Umkehrosmose (UO) und Vakuumverdampfung (VD). Beide Verfahren eignen sich gleichermaßen zur Anwendung an geklärten Weiß- und Rotmosten. Das Wasser (Permeat bzw. Destillat) wird schonend dem Most entzogen. Dabei treten Verluste von maximal 2% der nicht flüchtigen Inhaltsstoffe auf.

Bei den Rotweinen zeigen beide Verfahren die gleichen Effekte. Nach Maischeerwärmung werden die Moste durch die physikalische Konzentrierung in ihrem Phenolgehalt sofort angereichert. Auch bei der Maischegärung werden die Phenolgehalte gegenüber der Saccharoseanreicherung angehoben, aber indirekt über ein reduziertes Saft/Maische-Verhältnis. Mit einem Saftentzug von der Maische können vergleichbare Effekte erzielt werden. Dies führt im Vergleich zur Saccharoseanreicherung zu analytisch reicheren und sensorisch signifikant besser bewerteten Rotweinen.

Bei den Weißweinen nach UO- bzw. VD-Mostkonzentrierung im Vergleich zur Saccharosekontrolle besticht vor allem die Aromaintensität dadurch, dass glycosidisch gebundene Vorläufersubstanzen aufkonzentriert und die Aglyca verstärkt freigesetzt werden. Die Weine werden fruchtiger und vollmundiger. In der sensorischen Gesamtbeurteilung der konzentrierten Weißweine im Vergleich zur traditionellen Saccharoseanreicherung werden die genannten positiven Effekte durch die meist zu spitze Säure und einem als unharmonisch, eindimensional und zu breit empfundenen Geschmack überlagert. Deswegen werden nur selten signifikante Verbesserungen erreicht.

Von UO werden auch im Most frei vorliegende Aromastoffe mit einem Molekulargewicht größer 80g/Mol angereichert, während bei der VD flüchtige Inhaltsstoffe bereits zu Beginn des Konzentrierungsvorganges zum Großteil ins Destillat übergehen. Bei VD werden deutliche Verluste der freien Terpene, C₆-Alkohole und 2-Phenylethanol festgestellt. Das führt bei den Estern, die diese

Verbindungen als Alkoholkomponente enthalten zu einer stark eingeschränkten Bildung während der Gärung. Daher ist die Konzentrierung von aromaintensiven Mosten mittels VD nicht ratsam.

Die Anwendung der Gefrierkonzentrierung (Kryoextraktion) zeigt die höchste Verlustrate an Mostinhaltsstoffen in das abgetrennte Eiswasser (3% Zucker und 9-11% organische Säuren). Bei den Weißweinen erbringt die Gefrierkonzentrierung sowohl im Aromabereich (Terpenanreicherung) als auch bei der Sensorik der jungen Weine deutliche Vorteile gegenüber der traditionellen Saccharoseanreicherung. Im Rotweimbereich haben sich die Verfahren nicht bewährt.

Die Mostkonzentrierung von unreifem oder nicht gesundem Material ist nicht ratsam. Zum einen ist die Mostkonzentrierung beschränkt auf eine Anhebung im Gesamtalkoholgehalt von 2%vol. Dies führt bei Mostgewichten zwischen 50°Oe und 70°Oe nicht zu selbstständigen Weinen. Zum anderen werden Unreifefaktoren und Fäulnisparameter zumindest mit dem UO-Verfahren (hier am Beispiel von C₆-Alkoholen und 1-Octen-3-ol nachgewiesen) analytisch angereichert, was in Grenzfällen zu einer Intensivierung dieser unerwünschten Eigenschaften führen kann.

Durchschnittlich ist mit Mehrkosten von 50 Cent pro Liter mostkonzentriertem Wein gegenüber herkömmlicher Saccharoseanreicherung zu rechnen.

Die bislang noch nicht erlaubte Weinkonzentrierung mittels UO bringt gute Ergebnisse bei der Verdichtung von qualitativ hochwertigen Weinen. Dieses Verfahren kann aber nicht als nachträgliches Alkoholanreicherungsverfahren dienen, da der Alkohol zu einem Großteil permeiert und die Anreicherung im Wein nur etwa halb so stark ist wie die der übrigen Inhaltsstoffe.

Die Nachweisbarkeit der Most- bzw. Weinkonzentrierung ist deshalb schwierig, da normalerweise ein Wein zu beurteilen ist, von dem eine authentische Vergleichsprobe fehlt. In dieser Arbeit wurden zwei Verfahren für den Nachweis der Anwendung von Konzentrierungsverfahren vorgestellt. Zum einen die direkte Messung der Dichte und des Wasserentzuges unmittelbar nach der Konzentrierungsanlage. Mithilfe dieser Daten könnte die Weinkontrolle sofort eine unerlaubte Weinkonzentrierung erkennen. Außerdem könnten Überkonzentrierungen nachgewiesen werden. Allerdings müssten diese Messgeräte an jeder in Deutschland eingesetzten Konzentrierungsanlage installiert und verplombt sein, was zur Zeit nicht der Fall ist.

Zum anderen erscheint es auch möglich, über eine „principal component analysis“ eine Abschätzung zu treffen, ob ein Wein bzw. sein Most konzentriert wurde oder nicht. Dazu muss allerdings ein genügend großer Datensatz mit Weinen nach physikalischer Konzentrierung und traditioneller Erzeugung aus verschiedenen Lagen und Jahrgängen zur Kalibrierung vorliegen. Dies funktioniert unter Zuhilfenahme der FT-IR-Spektroskopie zumindest bei extrem aufkonzentriertem Material.

7 Literatur

- (2001). Intervitis / Interfructa 2001, Stuttgart.
- (2001). Verordnung (EG) Nr 1493/1999 zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr 2585/2001 vom 19. Dezember 2001 (ABl. Nr. L 345 S.10-).
- (2002). Neunte Verordnung zur Veränderung der Weinverordnung vom 3. Juli 2002. Bekanntmachung der Neufassung der Weinverordnung vom 14. Mai 2002. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil I Nr. 45. Bonn, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: 2513.
- (2002). Weinverordnung vom 9. Mai 1995 (BGBl. I S.630) i. d. F. der Bekanntmachung vom 14. Mai 2002 (BGBl. I S.1583) -zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 9. Dezember 2002 (BGBl. I S.4495)-. Bonn, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft.
- Adams, R. P. (1995). Identification of Essential Oil Components bei Gas Chromatography / Mass Spectroscopy. Carol Stream (Illinois, USA).
- Amann, R. Sigler, J. Krebs (2002). "Stickstoff als Qualitätsparameter?" Der Deutsche Weinbau **20**: 22-24.
- Bader, W. (2000). "Mostkonzentrierung: Praxiserfahrungen." Der Deutsche Weinbau **11**: 14-16.
- Baranac, J. M., N. d. A. Petranovic, J. M. Dimitric'-Markovic (1996). "Spectrophotometric Study of Anthocyan Copigmentation Reactions." Journal of Agricultural and Food Chemistry **44**: 1333-1336.
- Baranac, J. M., N. d. A. Petranovic, J. M. Dimitric'-Markovic (1997). "Spectrophotometric Study of Anthocyan Copigmentation Reactions. 2. Malvin and the Nonglycosidized Flavone Quercetin." Journal of Agricultural and Food Chemistry **45**: 1694-1697.
- Baranac, J. M., N. d. A. Petranovic, J. M. Dimitric'-Markovic (1997). "Spectrophotometric Study of Anthocyan Copigmentation Reactions. 3. Malvin and the Nonglycosidized Flavone Morin." Journal of Agricultural and Food Chemistry **45**: 1698-1700.
- Baranac, J. M., N. d. A. Petranovic, J. M. Dimitric'-Markovic (1997). "Spectrophotometric Study of Anthocyan Copigmentation Reactions. 4. Malvin and Apigenin-7-glucoside." Journal of Agricultural and Food Chemistry **45**: 1701-1703.
- Belitz, H.-D., W. Grosch (1992). Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, Springer-Verlag.
- Berger, J.-L. (1991). "Auto-enrichissement du moût par osmose inverse." Bulletin de l'O.I.V **721-722**: 189-210.
- Berger, J.-L. (1998). "Concentration des Moûts par Evaporation sous Vide." Journal international des sciences de la vigne et du vin **33**: 95-104.

- Berger, J.-L., M. Gaillard (1998). "Evolution de l'enrichissement de la vendange: les techniques soustractives." Centre Technique Interprofessionnel de la Vigne et du Vin (ITV France): 53-55.
- Berger, T. (2002). Erstellung eines Botrytis- Index mittels FTIR (Fourier- Transform IR). Neustadt a.d.W., Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau.
- Bergner, Lemperle (1998). Weinkompodium. Stuttgart, Leipzig, S. Hirzel Verlag.
- Beyer, Walter (1991). Lehrbuch der Organischen Chemie.
- Blankenhorn, D. (2001). "Anreicherung durch teilweise Konzentrierung von Traubenmost - Erfahrungen in Württemberg." Der Deutsche Weinbau **14**: 20-23.
- Böhringer, P. (1955). "Der Einfluß der Konzentrierung von Traubenmosten auf die Zusammensetzung der daraus gewonnenen Weine." ZUL **100** **2**: 97-111.
- Boulton, R. B. (1996). A method for the assessment of copigmentation in red wines. 47th annual meeting of the American Society for Enology and Viticulture, Reno.
- Boulton, R. B. (2001). "The copigmentation of anthocyanins and its role in the colour of red wine: a critical review." American Journal of Enology and Viticulture **52**(2): 67-87.
- Burns, J., P. T. Gardner, J. O'Neil, S. Crawford, I. Morecroft, D. B. McPhail, C. Lister, D. Matthews, M. R. MacLean, M. E. J. Lean, G. G. Duthie, A. Crozier (2000). "Relationship among Antioxidant Activity, Vasodilation Capacity and Phenolic Content of Red Wines." Journal of Agricultural and Food Chemistry **48**: 220-230.
- Chauvet, S. (1998). "Pressurage à Froid." Journal international des sciences de la vigne et du vin **33**: 111-116.
- Christmann, M., R. Wittkowski (2000). "Wein - zwischen Tradition und Innovation." Weinwirtschaft **6**: 154-159.
- Clos, D. (1999). Veränderung der analytischen Merkmale in Most und Wein durch die Anwendung physikalischer Konzentrationsverfahren. Kaiserslautern, Neustadt a.d.W., Universität Kaiserslautern, SLFA Neustadt a.d.W.
- Cuénat, P., D. Kobel, E. Zufferey (1989). "L' osmose inverse et l' oenologie." Bulletin de l' O.I.V. **701-702**: 519-537.
- Darias Martin, J., M. Carrillo, E. Diaz, R. B. Boulton (2001). "Enhancement of red wine colour by pre-fermentation addition of copigments." Food Chemistry **73**(2): 217-220.
- Diel, B., U. Fischer (1997). "Bedrohung oder Herausforderung? Neue oenologische Verfahren." Der Deutsche Weinbau **1**: 26-29.
- Dittrich, H. H. (1987). Mikrobiologie des Weines. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- Dörr, W. (1999). "Traditionelle und innovative Technologien." Der Deutsche Weinbau **3**: 11.

- Duitschaever, C. L., J. Alba, C. Buteau, B. Allen (1991). "Riesling Wines Made From Must Concentrated by Reverse Osmosis." American Journal of Enology and Viticulture **42**(1): 19-25.
- Eisenbrand, G., P. Schreier (1995). Römpp Lexikon Lebensmittelchemie. Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag.
- Falbe, J., M. Regitz (1995). CD Römpp Chemie Lexikon. Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag.
- Faßbender, W. (2000). High-Tech-Behandlung für Weine. Berliner Morgenpost online.
- Ferreira, V., R. Lopez, A. Escudero, J. F. Cacho (1998). "Quantitative determination of trace and ultratrace flavour active compounds in red wines through gas chromatographic-ion trap mass spectrometric analysis of microextracts." Journal of Chromatography A **806**(2): 349-354.
- Ferreira, V., R. López, A. Escudero, J. F. Cacho (1998). "Quantitative determination of trace and ultratrace flavour active compounds in red wines through gas chromatographic-ion trap mass spectrometric analysis of microextracts." Journal of Chromatography A **806**: 349-354.
- Ferreira, V., A. Rapp, J. F. Cacho, H. Hastrich, I. Yavas (1993). "Fast and quantitative determination of wine flavor compounds using microextraction with Freon 113." Journal of Agricultural and Food Chemistry **41**(9): 1413-1420.
- Ferreira, V., M. Sharman, J. F. Cacho, J. Dennis (1996). "New and efficient microextraction/solid-phase extraction method for the gas chromatographic analysis of wine volatiles." Journal of Chromatography A **731**: 247-259.
- Fischer, U. (1995). Massenbilanz der Aromastoffe bei der Entalkoholisierung von Wein: Korrelation chemischer und sensorischer Datensätze. Hannover, Fachbereich Chemie der Universität Hannover.
- Fischer, U. (1999). Individuelle Unterschiede zwischen Verkostern bei der Weinbeurteilung - Physiologische Gründe für ein leidiges Problem. Grundlagen der wissenschaftlichen Sensorik. Neustadt a.d.W.
- Fischer, U. (2000). Gärunterbrechungen und Behebung von Gärstörungen. Neustadt a.d.W., ATW-Ausschuss für Technik im Weinbau.
- Fischer, U. (2001). Entfernung flüchtiger Säure. 54. Weinbautage, Neustadt a.d.W.
- Fischer, U. (2002). Einfluss der Konzentrierungstechnologie auf die Most- und Weinzusammensetzung und Ansätze für eine technische Kontrolleinheit. 99. Sitzung des Bundesausschusses für Weinforschung, Klosterneuburg (Österreich).
- Fischer, U. (2002). Workshop Riesling Stile, Trier, Friedrich Ebert Stiftung.
- Fischer, U., D. Clos, J. Oberhofer (2002). "Dichtere Rotweine durch Mostkonzentrierung?" Das Deutsche Weinmagazin **20**: 10-15.
- Fischer, U., R. Sponholz (2000). "Die sensorische Beschreibung der Untypischen Alterungsnote." Der Deutsche Weinbau **3**: 16-21.

- Fischer, U., M. Strasser, K. Gutzler (2000). "Impact of fermentation technology on the phenolic and volatile composition of German red wines." International Journal of Food Science and Technology **35**: 81-94.
- Fischer, U., S. Trautmann, G. Binder, A. Wilke, S. Göritz (2001). Intensivierung des Weinaromas. Neustadt a.d.W., ATW-Ausschuss für Technik im Weinbau.
- Förstel, H. (2001). Jahresbericht 2001. Frankfurt am Main, Forschungsring des Deutschen Weinbaues (FDW) bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft: 45.
- Geßner, M., H.-J. Köhler (2002). "Das UTA-Problem: Fragen und Antworten." Der Deutsche Weinbau **2**: 22-24.
- Guerrand, D. (2003). Glycosidases. U. Fischer. F-31702 Blagnac Cedex.
- Guimberteau, G., P. Noilet (1998). "Osmose Inverse et Vinification." Journal international des sciences de la vigne et du vin **33**: 81-93.
- Günata, Z., C. Blondeel, M. J. Vallier, J. P. Lepoutre, J. C. Sapis, N. Watanabe (1998). "An Endoglycosidase from Grape Berry Skin of Cv. M. Alexandria Hydrolyzing Potentially Aromatic Disaccharide Glycosides." American Journal of Enology and Viticulture **46**: 2748-2753.
- Haupt, W. (1993). "Wieviel Technik braucht der Wein ?" Der Deutsche Weinbau **22**.
- Hiestand, S. (2002). "Kunststoffkorken, Mostkonzentration und Chips - Weine mit "Kick"." Das Deutsche Weinmagazin **20**: 16-22.
- Hoenicke, K., T. J. Simat, H. Steinhart, H. J. Koehler, A. Schwab (2001). "Determination of free and conjugated indole-3-acetic acid, tryptophan, and tryptophan metabolites in grape must and wine." Journal of Agricultural and Food Chemistry **49**(11): 5494-5501.
- Holbach, B., R. Marx, M. Zimmer (2001). "Bedeutung der Shikimisäure und des Anthocyanpektrums für die Charakterisierung von Rebsorten." Lebensmittelchemie **55**: 29-52.
- Kane, L., R. J. Braddock, C. A. Sims, R. F. Matthews (1995). "Lemon Juice Aroma Concentration by Reverse Osmosis." Journal of Food Science **60**(1): 190-194.
- Kettern, W. (1986). "Symposium: Innovation in der Kellerwirtschaft, Cross-Flow-Filtration." Die Weinwirtschaft-Technik **8**: 323-328.
- Knoll, R. (2000). "Konzentrierter Wein - Fortschritt oder Sündenfall ?" Wein + Markt **3**: 23-26.
- Koch, H.-J., H. H. Hieronimi, C. M. Baumann, G. Becker, K. Dunkel, H. Finger, W. Haupt, G. Herrbruck, W. Stöhr, R. Streinz (Stand: Januar 2003). Weinrecht. Frankfurt am Main, Deutscher Fachverlag.
- Krebs (2000). Teilweise Konzentrierung von Traubenmost. Freiburg / Breisgau, Staatliches Weinbauinstitut.
- Krebs, H. (1999). "Versuche in Baden, Herbst 1998 - Teilweise Konzentrierung von Traubenmost." Der Deutsche Weinbau **13**: 16-20.

- Krebs, H. (1999). "Versuche in Baden, Herbst 1998 - Umkehrosmose zur Optimierung der Weinqualität." Der Deutsche Weinbau **14**: 14-17.
- Kriener, M. (2000). Starker Abgang aus der Retorte. Querschnitt (Wochenendmagazin der Stuttgarter Nachrichten).
- Lange, F. (2000). Mehr Körper im Keller. Die Zeit **43**.
- Liptay-Reuter, I., C. Ptach, Eds. (1998). Sensorische Methoden und ihre statistische Auswertung. Dexheim, Verlag für Nahrung, Gesundheit und Vitalität.
- Löchner, M. (2000). Einfluss verschiedener oenologischer Stilmittel auf das Phenolspektrum in Rot- und Weißweinen. Neustadt a.d.W., Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Wein- und Gartenbau - Abteilung Kellerwirtschaft.
- Löchner, M., U. Fischer (2003). Phenolmanagement: Vergleich Maischeerhitzung und Maischegärung. 48. Internationale BDO-Fachtagung, Geisenheim.
- Martin, G., S. Brun (1987). "Application de la résonance magnétique nucléaire du deutérium au contrôle des moûts, des moûts concentrés, du sucre de raisin et des vins." Bulletin de l' O.I.V. **671-672**: 131-145.
- Matissek, R., F.-M. Schnepel, G. Steiner (1992). Lebensmittelanalytik. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, Springer-Verlag.
- Möbius, C. H., S. Görtges (1974). "Polyphenolbestimmung für die Praxis." Die Weinwissenschaft **5(29)**: 241-253.
- Morgan, A. I., E. Lowe, R. L. Merson, E. L. Durkee (1965). "Reverse Osmosis." Food Technology **19(12)**: 52-54.
- Müller, J. (1999). "Verteidigung: Konzentrierungs-Vorwurf vom Tisch." Die Rheinpfalz **63**.
- Müller, J. (2001). "Nachweis-Probleme bei Wein-Konzentrierung." Die Rheinpfalz.
- Müller, J. (2001). "Winzer bedauern erneutes Platzen ihres Prozesses." Die Rheinpfalz.
- Otteneder, B. Holbach, R. Marx, M. Zimmer (2002). "Rebsortenbestimmung in Rotwein anhand der Anthocyanpektren." Mitteilungen Klosterneuburg **52**: 187-194.
- Paetzold, M. (2001). Erfahrungen mit Mostkonzentrierung in aller Welt. Neustadt a.d.W.
- Patz, C.-D., A. Blicke, H. Dietrich (2002). Direkte Flüssig-FT-MIR-Spektroskopie zur quantitativen Bestimmung von Inhaltsstoffen in Wein und Fruchtsäften - Möglichkeiten und Grenzen. 31. Deutscher Lebensmittelchemikertag 2002, Frankfurt am Main, Lebensmittelchemische Gesellschaft; Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker.
- Pilz, H. (2000). "Dichtung und Wahrheit." Weinwirtschaft **6**: 160-161.
- Prior, B. (1997). Einfluss der Stickstoffversorgung auf die löslichen Aminosäuren in Organen von Vitis vinifera L. (cv. Riesling) und auf die Qualität des Mostes und des Weines. Geisenheim, Justus Liebig Universität Gießen-Institut für Pflanzenernährung und Forschungsanstalt Geisenheim-Institut für Biologie-Fachgebiet für Bodenkunde und Pflanzenernährung.

- Rapp, A. (1995). "Den Geheimnissen der Alterung des Weines auf der Spur." Die Winzer-Zeitschrift 4(10): 32-35.
- Rapp, A., G. Versini, H. Ullemeyer (1993). "[2-Aminoacetophenone: the constituent causing 'atypical ageing flavour' (naphthalene note or hybrid note) of wine.] 2-Aminoacetophenon: Verursachende Komponente der 'untypischen Alterungsnote' ('Naphthalinton', 'Hybridton') bei Wein." Vitis 32(1): 61-62.
- Rapp, A., I. Yavas, H. Hastrich (1994). "Einfache und schnelle Anreicherung ("Kaltronmethode") von Aromastoffen des Weines und deren quantitative Bestimmung mittels Kapillargaschromatographie." Deutsche Lebensmittel-Rundschau 6: 171-174.
- Ritter, G. (1995). 4. Internationales Symposium Innovation in der Kellerwirtschaft - Forschungsring Deutscher Weinbau, Stuttgart, Deutscher Weinbauverband.
- Roujou de Boubee, D., C. v. Leeuwen, D. Dubourdiou (2000). "Organoleptic impact of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine on red Bordeaux and Loire wines. Effect of environmental conditions on concentrations in grapes during ripening." Journal of Agricultural and Food Chemistry 48(10): 4830-4834.
- Rychlik, M., P. Schieberle, W. Grosch (1998). Compilation of Odor Thresholds, Odor Qualities and Retention Indices of Key Food Odorants. München, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie und Institut für Lebensmittelchemie der Technischen Universität München.
- Schaeffer, A. (1998). Neue oenologische Verfahren der Weinbereitung. 43. BDO-Fachtagung, Der Oenologe.
- Schaller, K., O. Löhnertz, V. Chikkasubbanna (1992). "Calcium absorption by the grape berries of different cultivars during growth and development." Die Weinwissenschaft 2(47): 62-65.
- Schaller, K., O. Löhnertz, V. Chikkasubbanna (1992). "Magnesium uptake by the grape berries of different cultivars during growth and development." Die Weinwissenschaft 3(47): 103-106.
- Schaller, K., O. Löhnertz, V. Chikkasubbanna (1992). "Uptake of potassium by the grape berries of different cultivars during growth and development." Die Weinwissenschaft 1(47): 36-39.
- Schneider, V. (2002). "Phenole-Gerbstoffe-Tannine, Teil 1; Was steckt dahinter?" Das Deutsche Weinmagazin 12: 16-21.
- Schneider, V. (2002). "Phenole-Gerbstoffe-Tannine, Teil 2; Was steckt dahinter?" Das Deutsche Weinmagazin 13: 26-29.
- Scholten, G., M. Kacprowski (1992). "Zur Analytik von Polyphenolen in Wein." Die Weinwissenschaft 1(48): 33-38.
- Schreier, P., F. Drawert (1974). "[Gas chromatographic-mass spectrometric investigation of the volatile components of wines. V. Alcohols, hydroxy-esters, lactones and other polar compounds of wine aroma.] Gaschromatographisch-massenspektrometrische Untersuchung fluechtiger Inhaltsstoffe des Weines. V. Alkohole, Hydroxy-Ester, Lactone und andere polare Komponenten des Weinaromas." Chemie Mikrobiologie Technologie der Lebensmittel 3(5): 154-160.

- Schreier, P., F. Drawert (1974). "[Investigation of volatile components in wine by gas chromatography and mass spectrometry. I. Nonpolar compounds of wine aroma.] Gaschromatographisch-massenspektrometrische Untersuchung fluechtiger Inhaltsstoffe des Weines. I. Unpolare Verbindungen des Weinaromas." Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung **154**(5): 273-278.
- Schreier, P., F. Drawert, A. Junker (1975). "Über die Biosynthese von Aromastoffen durch Mikroorganismen I - Bildung von N-Acetylaminen durch *Saccharomyces cerevisiae*." Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung **158**: 351-360.
- Schwedt, G. (1992). Taschenatlas der Analytik. Stuttgart
- Sefton, M. A., I. L. Francis, P. J. Williams (1993). "The volatile composition of Chardonnay juices: a study by flavor precursor analysis." American Journal of Enology and Viticulture **44**(4): 359-370.
- Sigler, J., R. Amann, H. Krebs (2000). "Teilweise Konzentrierung von Traubenmost im 2. Versuchsjahr in Baden." Der Badische Winzer **6**: 38-43.
- Sigler, J., R. Amann, H. Krebs (2001). "Teilweise Konzentrierung von Traubenmost - Drei Jahre Erfahrung in Baden." Der Badische Winzer **5**: 69-74.
- Singleton, V. L., A. C. Noble (1976). Wine flavor and phenolic substances. American Chemical Society Symposium, Washington DC.
- Tanner, H., H. R. Brunner (1987). Getränkeanalytik. Schwäbisch Hall, Chemie- und Verwaltungsgesellschaft mbH.
- Tomás-Barberán, F. A., R. J. Robins (1997). Phytochemistry of Fruit and Vegetables. Oxford, Clarendon Press.
- Troost, G. (1980). Technologie des Weines.
- von Randow, G. (1999). Wasser aus dem Wein. Die Zeit: 44.
- Vostrowsky, O., A. Hirsch (2000). Chemie der Naturstoffe - Seminar für Chemie & Biologie; Uni Erlangen. **2002**.
- Weber, D., M. Christmann, J. Seckler (2002). "Mostkonzentrierung in Deutschland - Lohnt sich der Aufwand?" Das Deutsche Weinmagazin **23**: 28-33.
- Weber, D., M. Christmann, J. Seckler (2002). "Praktische Studie zur Mostkonzentrierung." Der Deutsche Weinbau **15**: 20-24.
- Wildenrad, H. L., V. L. Singleton (1974). "The production of aldehydes as a result of oxidation of polyphenolic compounds and its relation to wine aging." American Journal of Enology and Viticulture **25**(2): 119-126.
- Williams, P. J., W. Cynkar, I. L. Francis, J. D. Gray, P. G. Iland, B. G. Coombe (1995). "Quantification of glycosides in grapes, juices, and wines through a determination of glycosyl glucose." Journal of Agricultural and Food Chemistry **43**(1): 121-128.

- Williams, P. J., C. R. Strauss, B. Wilson, R. A. Massey Westropp (1982). "Use of C18 reversed-phase liquid chromatography for the isolation of monoterpene glycosides and nor-isoprenoid precursors from grape juice and wines." Journal of Chromatography **235**(2): 471-480.
- Wirth, J., G. Wenfei, R. Baumes, Z. Gunata (2001). "Volatile compounds released by enzymatic hydrolysis of glycoconjugates of leaves and grape berries from *Vitis vinifera* Muscat of Alexandria and Shiraz cultivars." Journal of Agricultural and Food Chemistry **49**(6): 2917-2923.
- Witowski, H. (1999). "Praxiserfahrungen - Neue oenologische Verfahren in der Praxis." Der Deutsche Weinbau **13**: 14-15.
- Worm, N. Täglich Wein. Gesund leben mit Wein und mediterraner Ernährung. Ostfildern, Bern, Hallwag Verlag GmbH.
- Wucherpfennig, K. (1970). "Über die Entwicklung auf dem Gebiet des Baues von Konzentratanlagen und über die Einsatzmöglichkeiten von Traubensaftkonzentraten in der Kellerwirtschaft." 155-183.
- Wucherpfennig, K. (1980). "Possibilités d' utilisation de processus membranaires dans l' industrie des boissons (Osmose inverse, ultrafiltration, électrodialyse)." Bulletin de l' O.I.V. **589**: 187-208.
- Wucherpfennig, K., F. Zürn (1981). "Weinherstellung aus konzentrierten Traubenmosten mit Hilfe der Umkehrosmose." Die Weinwirtschaft **23**: 652-661.
- Würdig, G., R. Woller (1989). Chemie des Weines. Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH & Co.

8 Anhang

Anhang 1 Kritische Werte für den Friedman Test ($p = 0,05$ und $0,01$)

Anzahl Prüfer	Anzahl Proben						
	3	4	5	3	4	5	
		p=0,05			p=0,01		
2	--	6,00	7,60	--	--	8,00	
3	6,00	7,00	8,53	--	8,20	10,13	
4	6,50	7,50	8,80	8,00	9,30	11,00	
5	6,40	7,80	8,96	8,40	9,96	11,52	
6	6,33	7,60	9,49	9,00	10,20	13,28	
7	6,00	7,62	9,49	8,85	10,37	13,28	
8	6,25	7,65	9,49	9,00	10,35	13,28	
9	6,22	7,81	9,49	8,66	11,34	13,28	
10	6,20	7,81	9,49	8,60	11,34	13,28	
11	6,54	7,81	9,49	8,90	11,34	13,28	
12	6,16	7,81	9,49	8,66	11,34	13,28	
13	6,00	7,81	9,49	8,76	11,34	13,28	
14	6,14	7,81	9,49	9,00	11,34	13,28	
15	6,40	7,81	9,49	8,93	11,34	13,28	

Anhang 2 Umrechnungstabellen zur Mostkonzentrierung**Konzentrierung der Gesamtmenge**

Ausgangs- mostgewicht	Natürlicher Zucker- / Alkoholgehalt			Zielmost- gewicht	Angestrebter Zucker- / Alkoholgehalt			Abgetr. Wasser %ualer Anteil der Ausgangsmenge
	Alkohol [g/L]	Alkohol [%vol]	Zucker [g/L]		Alkohol [g/L]	Alkohol [%vol]	Zucker [g/L]	
65	65,4	8,3	139,1	78,0	81,4	10,3	173,1	19,7
66	66,6	8,4	141,7	79,0	82,6	10,5	175,8	19,4
67	67,8	8,6	144,4	80,0	83,8	10,6	178,4	19,1
68	69,1	8,8	147,0	81,0	85,1	10,8	181,0	18,8
69	70,3	8,9	149,6	82,0	86,3	10,9	183,7	18,5
70	71,6	9,1	152,2	83,0	87,6	11,1	186,3	18,3
71	72,8	9,2	154,9	84,0	88,8	11,2	188,9	18,0
72	74,0	9,4	157,5	85,0	90,0	11,4	191,5	17,8
73	75,3	9,5	160,1	86,0	91,3	11,6	194,2	17,5
74	76,5	9,7	162,7	87,0	92,5	11,7	196,8	17,3
75	77,7	9,8	165,4	88,0	93,7	11,9	199,4	17,1
76	79,0	10,0	168,0	89,0	95,0	12,0	202,0	16,8
77	80,2	10,2	170,6	90,0	96,2	12,2	204,7	16,6
78	81,4	10,3	173,3	91,0	97,4	12,3	207,3	16,4
79	82,7	10,5	175,9	92,0	98,7	12,5	209,9	16,2
80	83,9	10,6	178,5	93,0	99,9	12,7	212,6	16,0
81	85,1	10,8	181,1	94,0	101,1	12,8	215,2	15,8
82	86,4	10,9	183,8	95,0	102,4	13,0	217,8	15,6
83	87,6	11,1	186,4	96,0	103,6	13,1	220,4	15,4
84	88,8	11,3	189,0	97,0	104,8	13,3	223,1	15,3
85	90,1	11,4	191,6	98,0	106,1	13,4	225,7	15,1
86	91,3	11,6	194,3	99,0	107,3	13,6	228,3	14,9
87	92,5	11,7	196,9	100,0	108,5	13,8	230,9	14,7
88	93,8	11,9	199,5	101,0	109,8	13,9	233,6	14,6
89	95,0	12,0	202,2	102,0	111,0	14,1	236,2	14,4
90	96,2	12,2	204,8	103,0	112,2	14,2	238,8	14,3
91	97,5	12,4	207,4	104,0	113,5	14,4	241,5	14,1
92	98,7	12,5	210,0	105,0	114,7	14,5	244,1	13,9
93	100,0	12,7	212,7	106,0	116,0	14,7	246,7	13,8
94	101,2	12,8	215,3	107,0	117,2	14,8	249,3	13,7
95	102,4	13,0	217,9	108,0	118,4	15,0	252,0	13,5
96	103,7	13,1	220,5	109,0	119,7	15,2	254,6	13,4
97	104,9	13,3	223,2	110,0	120,9	15,3	257,2	13,2
98	106,1	13,4	225,8	111,0	122,1	15,5	259,8	13,1
99	107,4	13,6	228,4	112,0	123,4	15,6	262,5	13,0
100	108,6	13,8	231,1	113,0	124,6	15,8	265,1	12,8
101	109,8	13,9	233,7	114,0	125,8	15,9	267,7	12,7
102	111,1	14,1	236,3	115,0	127,1	16,1	270,3	12,6
103	112,3	14,2	238,9	116,0	128,3	16,3	273,0	12,5
104	113,5	14,4	241,6	117,0	129,5	16,4	275,6	12,4
105	114,8	14,5	244,2	118,0	130,8	16,6	278,2	12,2
106	116,0	14,7	246,8	119,0	132,0	16,7	280,9	12,1
107	117,2	14,9	249,4	120,0	133,2	16,9	283,5	12,0
108	118,5	15,0	252,1	121,0	134,5	17,0	286,1	11,9
109	119,7	15,2	254,7	122,0	135,7	17,2	288,7	11,8
110	120,9	15,3	257,3	123,0	136,9	17,3	291,4	11,7

Umrechnung: g/L Alkohol * 0,1267 = grad Alkohol (%vol)
g/L Alkohol * 2,1277 = g/L Zucker
natürlicher Alkoholgehalt + 16 g/L = Angestrebter Alkoholgehalt (dabei darf nicht mehr als 20 %vol Wasser abgetrennt werden)

Konzentrierung einer Teilmenge bei Maischegärung (die Maische hat insgesamt ca. 85% Saftanteil; 40% Saftanteil der Maische stehen der physikalischen Konzentrierung zur Verfügung)

Ausgangsmostgewicht	Alkoholgehalt	Zielmostgewicht	Alkoholgehalt	Zielmostgewicht	Alkoholgehalt	Abgetr. Wasser
	alt	(Gesamtmenge)	(Gesamtmenge)	(Teilmenge)	(Teilmenge)	
[°Oe]	Alkohol [g/L]	[°Oe]	Alkohol [g/L]	[°Oe]	Alkohol [g/L]	%ualer Anteil der Teilmenge
65	65,4	78,0	81,4	103,0	112,3	41,8
66	66,6	79,0	82,6	103,8	113,2	41,2
67	67,8	80,0	83,8	104,5	114,1	40,6
68	69,1	81,0	85,1	105,3	115,1	40,0
69	70,3	82,0	86,3	106,0	116,0	39,4
70	71,6	83,0	87,6	106,8	117,0	38,8
71	72,8	84,0	88,8	107,6	118,0	38,3
72	74,0	85,0	90,0	108,4	118,9	37,8
73	75,3	86,0	91,3	109,2	119,9	37,3
74	76,5	87,0	92,5	110,0	121,0	36,8
75	77,7	88,0	93,7	110,9	122,0	36,3
76	79,0	89,0	95,0	111,7	123,0	35,8
77	80,2	90,0	96,2	112,5	124,0	35,3
78	81,4	91,0	97,4	113,4	125,1	34,9
79	82,7	92,0	98,7	114,2	126,1	34,5
80	83,9	93,0	99,9	115,1	127,2	34,0
81	85,1	94,0	101,1	116,0	128,3	33,6
82	86,4	95,0	102,4	116,8	129,3	33,2
83	87,6	96,0	103,6	117,7	130,4	32,8
84	88,8	97,0	104,8	118,6	131,5	32,4
85	90,1	98,0	106,1	119,5	132,6	32,1
86	91,3	99,0	107,3	120,3	133,7	31,7
87	92,5	100,0	108,5	121,2	134,8	31,3
88	93,8	101,0	109,8	122,1	135,9	31,0
89	95,0	102,0	111,0	123,0	137,0	30,6
90	96,2	103,0	112,2	123,9	138,1	30,3
91	97,5	104,0	113,5	124,8	139,2	30,0
92	98,7	105,0	114,7	125,7	140,3	29,6
93	100,0	106,0	116,0	126,6	141,4	29,3
94	101,2	107,0	117,2	127,6	142,5	29,0
95	102,4	108,0	118,4	128,5	143,7	28,7
96	103,7	109,0	119,7	129,4	144,8	28,4
97	104,9	110,0	120,9	130,3	145,9	28,1
98	106,1	111,0	122,1	131,2	147,1	27,8
99	107,4	112,0	123,4	132,2	148,2	27,6
100	108,6	113,0	124,6	133,1	149,3	27,3
101	109,8	114,0	125,8	134,0	150,5	27,0
102	111,1	115,0	127,1	134,9	151,6	26,8
103	112,3	116,0	128,3	135,9	152,8	26,5
104	113,5	117,0	129,5	136,8	153,9	26,2
105	114,8	118,0	130,8	137,7	155,1	26,0
106	116,0	119,0	132,0	138,7	156,2	25,8
107	117,2	120,0	133,2	139,6	157,4	25,5
108	118,5	121,0	134,5	140,6	158,6	25,3
109	119,7	122,0	135,7	141,5	159,7	25,1
110	120,9	123,0	136,9	142,5	160,9	24,8

Konzentrierung einer Teilmenge bei Maischegärung (die Maische hat insgesamt ca. 85% Saftanteil; 50% Saftanteil der Maische stehen der physikalischen Konzentrierung zur Verfügung)

Ausgangs- mostgewicht	Alkoholgeh alt	Ziel- mostgewicht (Gesamt- menge)	Alkohol- gehalt (Gesamt- menge)	Zielmost- gewicht (Teilmenge)	Alkoholgehalt (Teilmenge)	Abgetr. Wasser
[°Oe]	Alkohol [g/L]	[°Oe]	Alkohol [g/L]	[°Oe]	Alkohol [g/L]	%ualer Anteil der Teilmenge
65	65,4	78,0	81,4	91,6	98,2	33,4
66	66,6	79,0	82,6	92,5	99,3	32,9
67	67,8	80,0	83,8	93,4	100,4	32,4
68	69,1	81,0	85,1	94,3	101,5	32,0
69	70,3	82,0	86,3	95,2	102,7	31,5
70	71,6	83,0	87,6	96,1	103,8	31,1
71	72,8	84,0	88,8	97,1	104,9	30,6
72	74,0	85,0	90,0	98,0	106,1	30,2
73	75,3	86,0	91,3	98,9	107,2	29,8
74	76,5	87,0	92,5	99,8	108,4	29,4
75	77,7	88,0	93,7	100,8	109,5	29,0
76	79,0	89,0	95,0	101,7	110,7	28,6
77	80,2	90,0	96,2	102,6	111,8	28,3
78	81,4	91,0	97,4	103,6	113,0	27,9
79	82,7	92,0	98,7	104,5	114,1	27,6
80	83,9	93,0	99,9	105,5	115,3	27,2
81	85,1	94,0	101,1	106,4	116,5	26,9
82	86,4	95,0	102,4	107,3	117,6	26,6
83	87,6	96,0	103,6	108,3	118,8	26,3
84	88,8	97,0	104,8	109,2	120,0	25,9
85	90,1	98,0	106,1	110,2	121,1	25,6
86	91,3	99,0	107,3	111,1	122,3	25,3
87	92,5	100,0	108,5	112,1	123,5	25,1
88	93,8	101,0	109,8	113,1	124,7	24,8
89	95,0	102,0	111,0	114,0	125,8	24,5
90	96,2	103,0	112,2	115,0	127,0	24,2
91	97,5	104,0	113,5	115,9	128,2	24,0
92	98,7	105,0	114,7	116,9	129,4	23,7
93	100,0	106,0	116,0	117,9	130,6	23,5
94	101,2	107,0	117,2	118,8	131,8	23,2
95	102,4	108,0	118,4	119,8	133,0	23,0
96	103,7	109,0	119,7	120,7	134,2	22,7
97	104,9	110,0	120,9	121,7	135,3	22,5
98	106,1	111,0	122,1	122,7	136,5	22,3
99	107,4	112,0	123,4	123,7	137,7	22,0
100	108,6	113,0	124,6	124,6	138,9	21,8
101	109,8	114,0	125,8	125,6	140,1	21,6
102	111,1	115,0	127,1	126,6	141,3	21,4
103	112,3	116,0	128,3	127,5	142,5	21,2
104	113,5	117,0	129,5	128,5	143,7	21,0
105	114,8	118,0	130,8	129,5	144,9	20,8
106	116,0	119,0	132,0	130,5	146,1	20,6
107	117,2	120,0	133,2	131,4	147,3	20,4
108	118,5	121,0	134,5	132,4	148,5	20,2
109	119,7	122,0	135,7	133,4	149,7	20,0
110	120,9	123,0	136,9	134,4	150,9	19,9

Anhang 3 Zusätzliche Diagramme

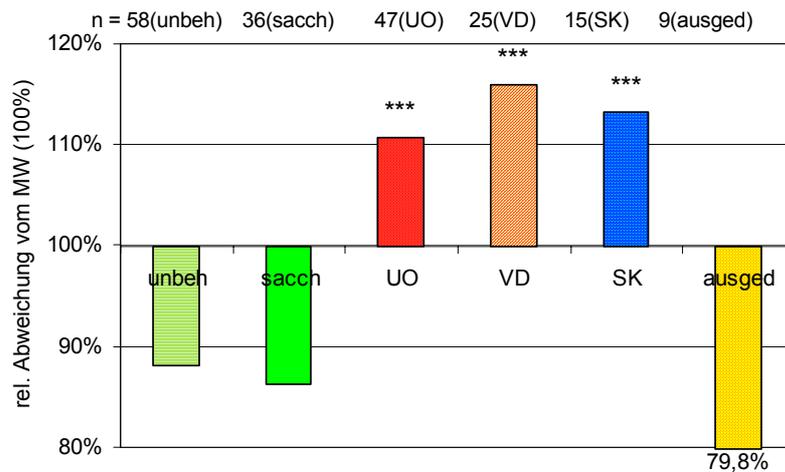


Abbildung 8.1 Technologisch bedingte Veränderungen der Shikimisäuregehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

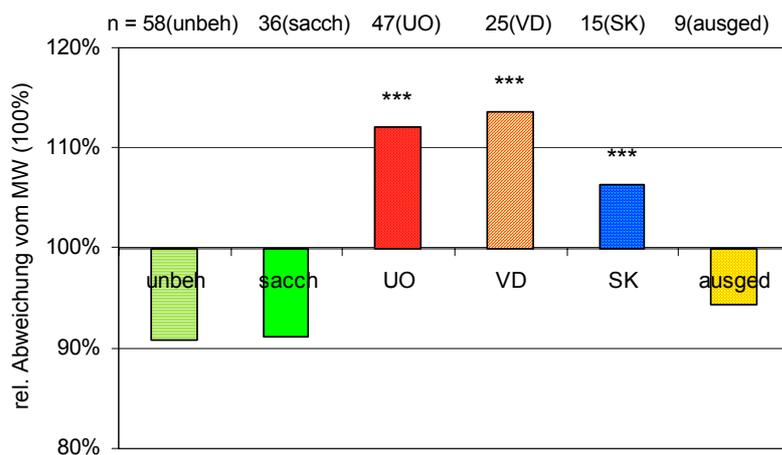


Abbildung 8.2 Technologisch bedingte Veränderungen der Calciumgehalte im Most relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante unbeh an (siehe Kapitel 3.3.1)

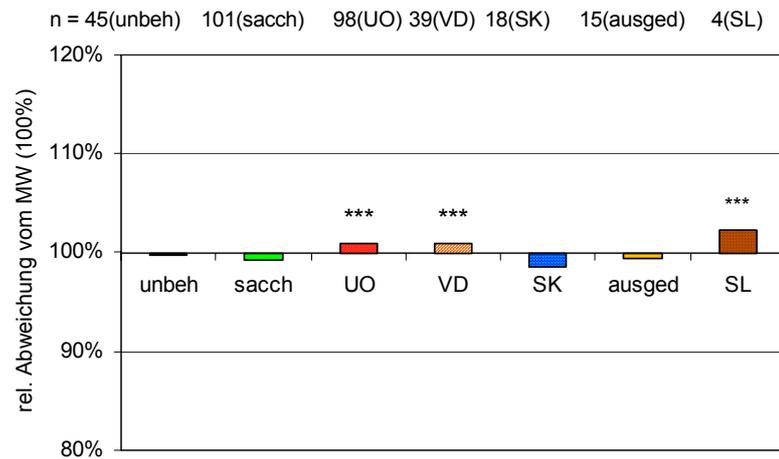


Abbildung 8.3 Technologisch bedingte Veränderungen der pH-Werte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

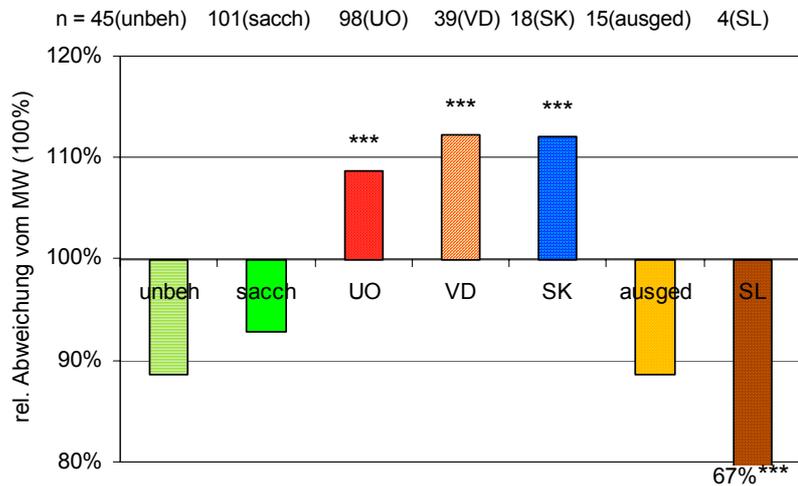


Abbildung 8.4 Technologisch bedingte Veränderungen der Shikimisäuregehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

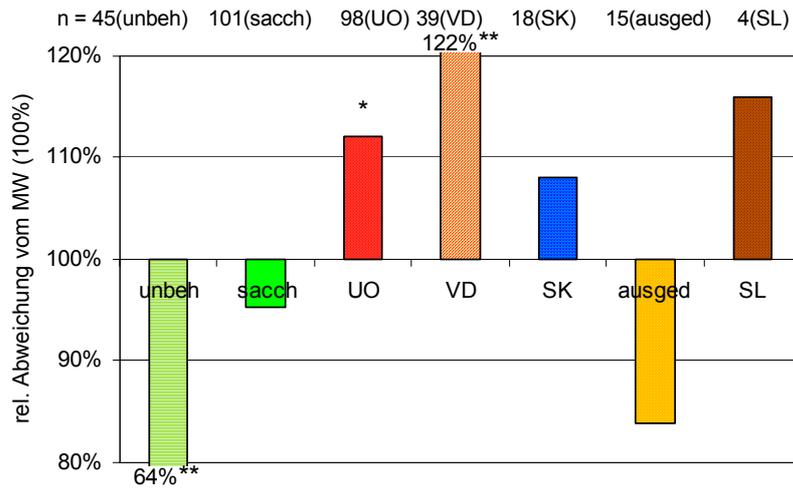


Abbildung 8.5 Technologisch bedingte Veränderungen der Essigsäuregehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

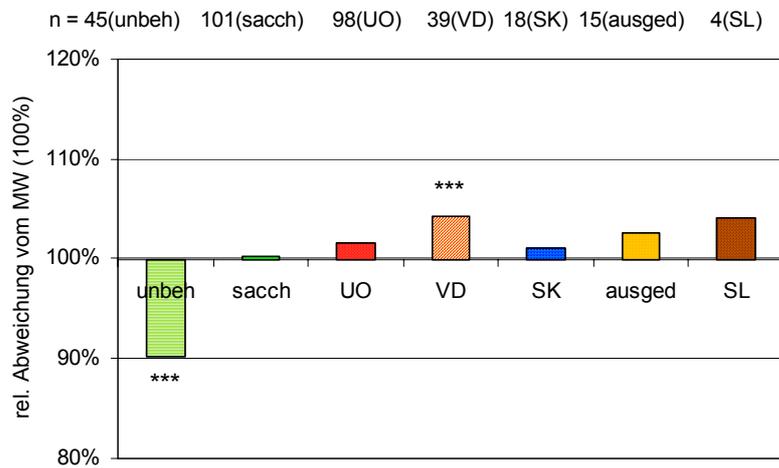


Abbildung 8.6 Technologisch bedingte Veränderungen der Glyceringehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

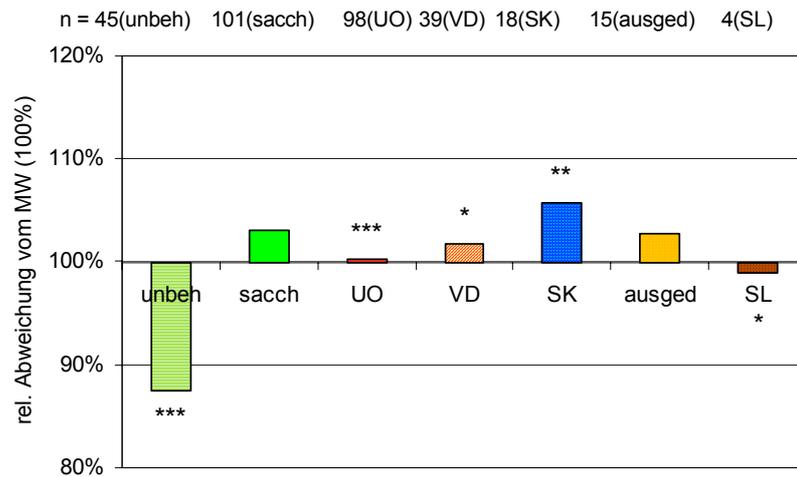


Abbildung 8.7 Technologisch bedingte Veränderungen der Ethanolgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

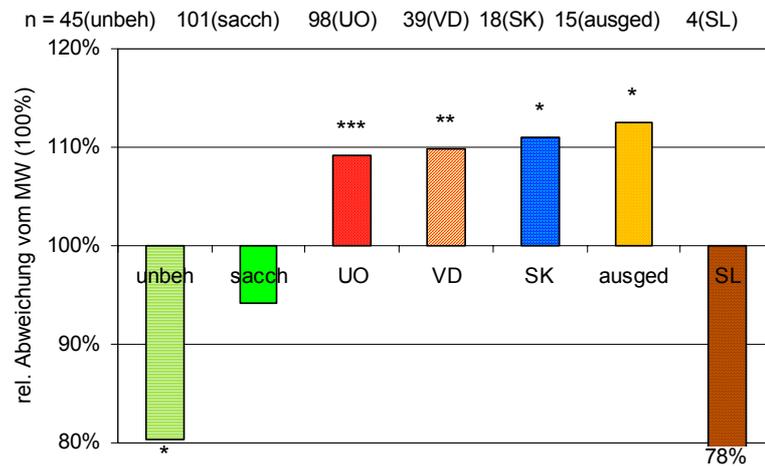


Abbildung 8.8 Technologisch bedingte Veränderungen der Restzuckergehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

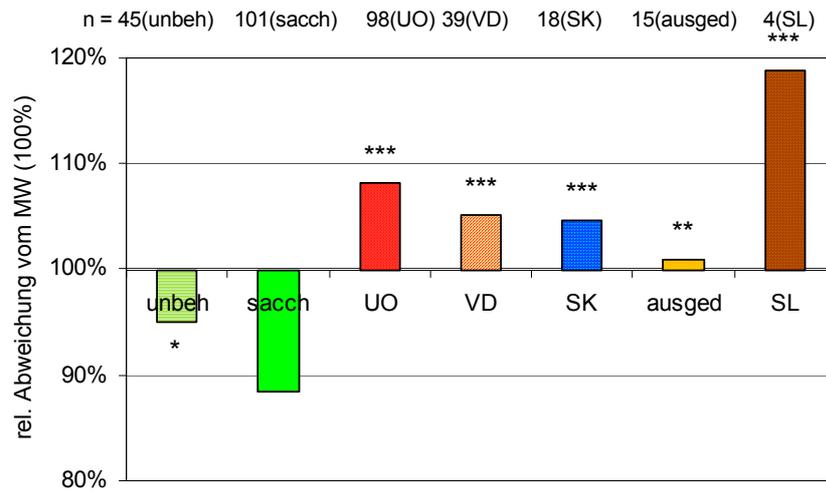


Abbildung 8.9 Technologisch bedingte Veränderungen der Calciumgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

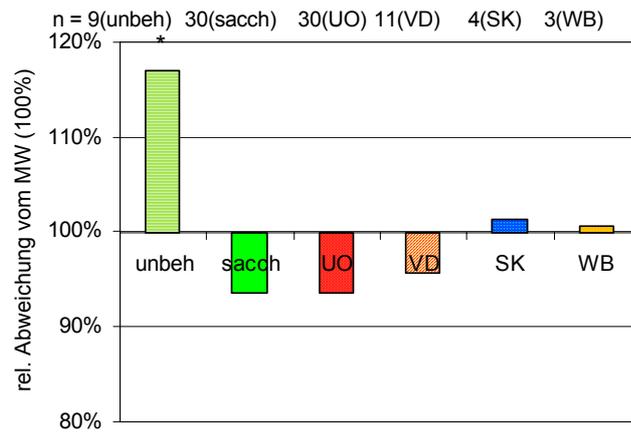


Abbildung 8.10 Technologisch bedingte Veränderungen der Octan-1-ol-Gehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

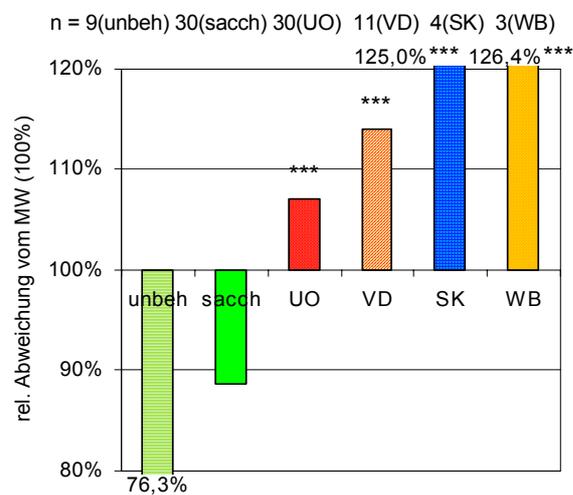


Abbildung 8.11 Technologisch bedingte Veränderungen der Gehalte des nicht identifizierten Terpendiols (siehe Kapitel 4.5.2) im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

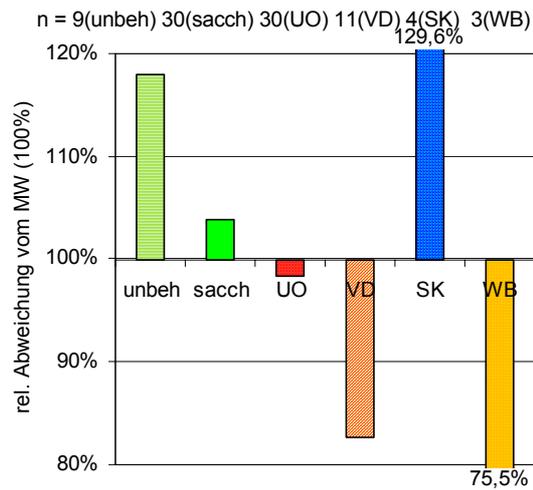


Abbildung 8.12 Technologisch bedingte Veränderungen der Isoamylacetatgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

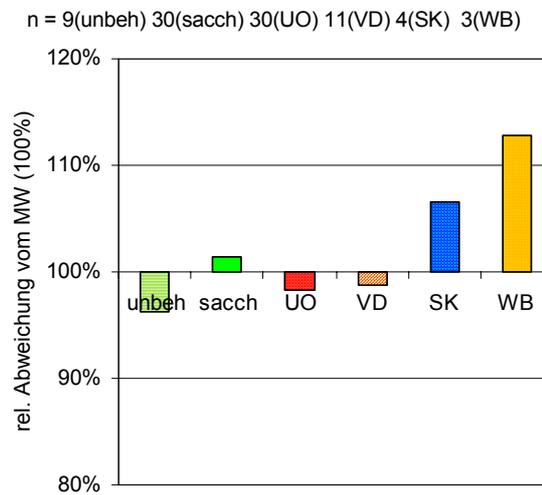


Abbildung 8.13 Technologisch bedingte Veränderungen der Ethylhexanoatgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

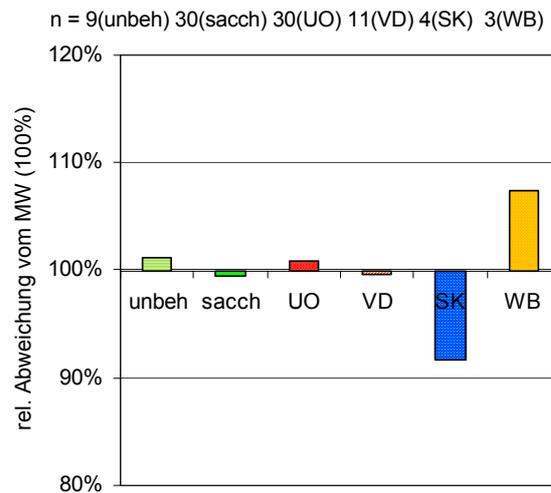


Abbildung 8.14 Technologisch bedingte Veränderungen der Ethyloctanoatgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

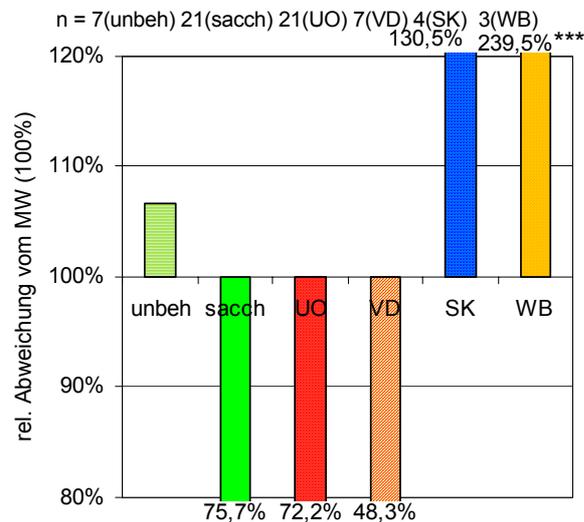


Abbildung 8.15 Technologisch bedingte Veränderungen der Isoamylacetamidgehalte im Wein relativ zum Mittelwert der Versuchsreihe (1999-2001); Sterne geben Signifikanzniveau zur Variante sacch an (siehe Kapitel 3.3.1)

Anhang 4 Analysedaten der Versuchsmoste

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	Weiß- nsre. g/L	Äpfel- sre. g/L	Shikimi- sre. g/L	Milch- sre. g/L	Essig- sre. g/L	Zitro- nensre. g/L	Gly- cerin g/L	D 20/20	°Oe	Zucker g/L
Müller-													
1999	Thurgau	Rheinhes- sen	unbeh	5,1	3,1	0,031	0,0	0,4	0,5	0,0	1,07280	72,8	175,9
1999	"	"	sacch	5,0	3,2	0,029	0,0	0,0	0,3	1,3	1,08332	83,3	199,5
1999	"	"	UO	5,1	3,8	0,036	0,0	0,0	0,7	0,7	1,08793	87,9	209,7
1999	"	"	VD	5,1	3,6	0,035	0,0	0,0	0,6	0,2	1,08238	82,4	197,4
Portugieser													
1999	Pfalz	Pfalz	unbeh	5,5	0,3	0,032	2,1	0,2	0,3	0,0	1,06841	68,4	165,9
1999	"	"	sacch	4,7	0,2	0,025	2,1	0,0	0,0	0,0	1,07734	77,3	186,2
1999	"	"	UO	5,6	0,4	0,038	2,4	0,1	0,4	0,0	1,08150	81,5	195,5
1999	"	"	VD	5,7	0,3	0,037	2,4	0,1	0,4	0,0	1,07912	79,1	190,2
Dornfelder													
1999	MG	Pfalz	unbeh	4,9	3,3	0,057	0,0	0,1	0,2	0,0	1,07914	79,1	190,2
1999	"	"	sacch	4,7	3,1	0,043	0,0	0,0	0,0	0,0	1,10511	105,1	247,0
1999	"	"	UO	5,5	5,1	0,077	0,0	0,2	0,4	0,0	1,10607	106,1	249,0
1999	"	"	VD	5,4	4,5	0,080	0,0	0,3	0,3	0,0	1,11507	115,1	268,0
Grau-													
1999	burgunder	Baden	unbeh	4,0	4,2	0,003	0,0	0,0	0,2	1,3	1,08968	89,7	213,6
1999	"	"	sacch	4,3	4,2	0,002	0,0	0,0	0,2	3,7	1,10118	101,2	238,6
1999	"	"	UO	4,3	4,9	0,003	0,0	0,0	0,2	1,4	1,10401	104,0	244,6
Riesling													
1999	Pfalz	Pfalz	unbeh	7,3	3,5	0,054	0,0	0,0	0,2	0,0	1,08650	86,5	206,6
1999	"	"	sacch	7,5	3,3	0,052	0,0	0,0	0,2	0,0	1,10206	102,1	240,4
1999	"	"	UO	8,5	4,2	0,068	0,0	0,0	0,0	0,0	1,10406	104,1	244,7
1999	"	"	VD	8,5	4,2	0,068	0,0	0,0	0,0	0,0	1,10625	106,3	249,4
1999	"	"	SK	6,3	3,9	0,055	0,0	0,1	0,2	0,0	1,10424	104,2	245,1
Gewürztrami													
1999	ner	Pfalz	unbeh	5,0	4,5	0,048	0,0	0,0	0,4	0,0	1,08298	83,0	198,8
1999	"	"	sacch	4,6	4,3	0,039	0,0	0,0	0,4	1,6	1,09750	97,5	230,6
1999	"	"	UO	4,1	4,9	0,052	0,0	0,0	0,4	0,6	1,08980	89,8	213,8
1999	"	"	VD	4,1	5,2	0,052	0,0	0,0	0,5	0,8	1,09877	98,8	233,4
Spätburgund													
1999	er	Pfalz	unbeh	4,4	4,4	0,005	0,0	0,0	0,1	0,0	1,09014	90,1	214,6
1999	"	"	VD	5,4	5,8	0,006	0,0	0,1	0,1	8,2	1,11769	117,7	273,5
Riesling													
1999	FAG	FAG	unbeh	5,4	4,2	0,047	0,0	0,0	0,5	0,0	1,08194	81,9	196,4
1999	"	"	sacch	5,6	4,1	0,047	0,0	0,0	0,4	0,0	1,09124	91,2	217,0
1999	"	"	UO	5,3	4,4	0,048	0,0	0,0	0,4	0,0	1,08805	88,1	210,0
1999	"	"	VD	5,4	4,7	0,054	0,0	0,0	0,5	2,7	1,09474	94,7	224,6
1999	"	"	SK	5,0	4,6	0,053	0,0	0,1	0,7	1,6	1,09093	90,9	216,3
Weiß-													
1999	burgunder	Pfalz	unbeh	3,7	3,5	0,013	0,1	0,1	0,4	2,0	1,08009	80,1	192,3
1999	"	"	sacch	3,8	3,5	0,012	0,0	0,0	0,5	0,9	1,09060	90,6	215,6
1999	"	"	UO	4,3	4,0	0,014	0,0	0,0	0,6	0,5	1,09323	93,2	221,3
1999	"	"	VD	4,0	5,8	0,024	0,0	0,3	0,5	1,7	1,09360	93,6	222,1
Mosel- Saar- Ruwer													
1999	Riesling	Ruwer	unbeh	6,4	3,4	0,031	0,0	0,0	0,2	0,0	1,06334	63,3	154,3
1999	"	"	sacch	6,4	3,3	0,032	0,0	0,0	0,2	0,0	1,08270	82,7	198,1
1999	"	"	UO	6,5	4,2	0,038	0,0	0,0	0,2	0,0	1,08056	80,6	193,4

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	Wei- nsre. g/L	Äpfel sre. g/L	Shikimi sre. g/L	Milch sre. g/L	Essig- sre. g/L	Zitro- Gly- sre. g/L	cerin g/L	D 20/20	°Oe	Zucker g/L
1999	"	"	SK	6,1	4,2	0,042	0,0	0,0	0,3	0,3	1,08216	82,2	196,9
1999	Silvaner	Franken	unbeh	6,1	3,8	0,021	0,0	0,0	0,3	0,0	1,07167	71,7	173,4
1999	"	"	sacch	6,0	3,5	0,021	0,0	0,1	0,2	0,0	1,08444	84,4	202,0
1999	"	"	UO	6,3	4,8	0,028	0,0	0,0	0,3	0,0	1,08799	88,0	209,8
1999	"	"	VD	6,4	4,6	0,028	0,0	0,0	0,3	0,0	1,08671	86,7	207,0
1999	"	"	SK	4,8	3,8	0,022	0,0	0,0	0,4	0,0	1,08543	85,4	204,2
		SLVA											
1999	Riesling	Trier	unbeh	7,1	3,0	0,041	0,0	0,0	0,3	0,0	1,06838	68,4	165,9
1999	"	"	sacch	6,9	2,9	0,032	0,0	0,0	0,4	0,1	1,08056	80,6	193,4
1999	"	"	UO	7,2	3,5	0,046	0,0	0,0	0,4	0,0	1,08156	81,6	195,6
1999	"	"	VD	6,5	3,7	0,045	0,0	0,0	0,3	0,0	1,08359	83,6	200,1
1999	"	"	SK	5,4	3,5	0,059	0,0	0,0	0,3	0,0	1,08424	84,2	201,6
1999	Riesling	Nahe	unbeh	6,4	4,1	0,066	0,0	0,0	0,0	0,0	1,08846	88,5	210,9
1999	"	"	sacch	6,5	3,9	0,058	0,0	0,0	0,3	0,0	1,09540	95,4	226,1
1999	"	"	UO	6,6	4,6	0,074	0,0	0,0	0,0	0,0	1,09927	99,3	234,4
1999	"	"	VD	6,9	4,6	0,073	0,0	0,0	0,5	0,0	1,10151	101,5	239,3
1999	"	"	SK	5,3	5,0	0,059	0,0	0,1	1,3	2,6	1,10052	100,5	237,1
		Württemberg											
1999	Riesling	berg	unbeh	5,8	3,4	0,049	0,0	0,1	0,3	0,8	1,08085	80,9	194,0
1999	"	"	sacch	6,5	3,2	0,052	0,0	0,1	0,2	0,1	1,09036	90,4	215,1
1999	"	"	UO	6,2	3,5	0,047	0,0	0,1	0,2	1,0	1,09310	93,1	221,1
1999	"	"	VD	6,2	3,5	0,049	0,0	0,1	0,2	0,5	1,09072	90,7	215,8
		Müller-											
2000	Thurgau	FAG	unbeh	6,1	3,6	0,033	0,0	0,0	0,1	0,1	1,07617	76,2	183,5
2000	"	"	sacch	6,4	3,9	0,041	0,0	0,0	0,1	0,0	1,09033	90,3	215,0
2000	"	"	UO	6,2	4,3	0,038	0,0	0,0	0,1	0,0	1,09086	90,9	216,2
2000	"	"	VD	6,6	4,5	0,048	0,0	0,0	0,1	0,0	1,09133	91,3	217,2
		Portugieser											
2000	ME	FAG	unbeh	5,5	5,3	0,023	0,0	0,0	0,0	0,0	1,05853	58,5	143,2
2000	"	"	sacch	6,0	4,9	0,017	0,0	0,0	0,2	0,0	1,07144	71,4	172,8
2000	"	"	VD	3,6	6,8	0,031	0,6	0,0	0,3	0,0	1,07196	72,0	174,0
		Spätburgund											
2000	er ME	FAG	unbeh	6,0	6,8	0,015	0,0	0,0	0,3		1,07829	78,3	188,3
2000	"	"	sacch	5,8	6,7	0,013	0,0	0,0	0,2		1,08627	86,3	206,1
2000	"	"	UO	4,8	7,4	0,013	0,0	0,0	0,2		1,09522	95,2	225,7
2000	"	"	VD	4,7	7,6	0,014	0,0	0,0	0,2		1,09450	94,5	224,1
2000	"	"	KüZ	4,0	6,2	0,006	0,0	0,0	0,1	0,0	1,08698	87,0	207,6
		Weißburgun											
2000	der	Rheingau	unbeh	4,4	4,0	0,003	0,0	0,0	0,2	0,0	1,08226	82,3	197,2
2000	"	"	sacch	4,5	3,5	0,003	0,0	0,0	0,1	0,0	1,08785	87,9	209,5
2000	"	"	VD	4,6	6,3	0,013	0,0	0,3	0,5	0,0	1,09609	96,1	227,6
		Württemberg											
2000	Lemberger	berg	unbeh	5,3	2,7	0,007	0,0	0,0	0,1	0,0	1,07629	76,3	183,8
2000	"	"	sacch	5,8	2,8	0,008	0,0	0,0	0,1	0,0	1,08418	84,2	201,4
2000	"	"	auge	6,4	2,6	0,011	0,0	0,0	0,1	0,0	1,08137	81,4	195,2
2000	"	"	UO	4,7	2,3	0,004	0,0	0,0	0,1	0,0	1,08861	88,6	211,2
2000	"	"	VD	4,8	2,6	0,006	0,0	0,0	0,1	0,0	1,08988	89,9	214,0
2000	"	"	SK	5,0	3,2	0,012	0,0	0,0	0,1	0,0	1,09262	92,6	220,0

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	Wei- nsre. g/L	Äpfel sre. g/L	Shikimi sre. g/L	Milch sre. g/L	Essig- sre. g/L	Zitro- nensre. g/L	Gly- cerin g/L	D 20/20	°Oe	Zucker g/L
		Mosel- Saar-											
2000	Riesling	Ruwer	unbeh	4,7	5,5	0,014	0,0	0,0	0,1		1,05803	58,0	142,1
2000	"	"	sacch	4,6	5,1	0,014	0,0	0,0	0,3	0,0	1,07255	72,5	175,4
2000	"	"	UO	5,7	7,2	0,018	0,0	0,0	0,1	0,0	1,07253	72,5	175,3
2000	"	"	VD	6,0	8,2	0,030	0,0	0,0	0,0	0,0	1,07424	74,2	179,2
2000	"	"	SK	4,7	6,1	0,000	1,6	0,0	0,2	0,0	1,07123	71,2	172,4
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	6,7	5,7		0,0	0,0	0,0	1,8	1,07763	77,6	186,8
2000	"	"	sacch	6,8	5,6	0,036	0,0	0,1	0,2	1,7	1,08249	82,5	197,7
2000	"	"	auge	6,0	5,1	0,036	0,0	0,2	0,6	1,3	1,08868	88,7	211,4
2000	"	"	UO	6,3	6,7	0,064	0,0	0,0	0,4	1,0	1,08898	89,0	212,0
2000	"	"	VD	6,4	6,9	0,061	0,0	0,0	0,6	2,0	1,09091	90,9	216,3
2000	"	"	SK	5,7	6,4	0,075	0,0	0,2	0,3	2,5	1,09262	92,6	220,0
2000	"	"	KüZ	6,4	6,8	0,067	0,0	0,3	0,5	0,0	1,09051	90,5	215,4
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	4,7	4,1	0,041	0,0	0,0	0,6	2,0	1,07443	74,4	179,6
2000	"	"	sacch	4,2	3,2	0,020	0,0	0,2	0,2	0,0	1,09041	90,4	215,2
2000	"	"	SK	3,9	5,4	0,072	0,0	0,2	0,5	4,0	1,09150	91,5	217,6
2000	"	"	SK	4,5	3,1	0,029	0,0	0,2	0,3	4,4	1,09239	92,4	219,5
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	5,7	3,4	0,028	0,0	0,3	0,5	4,4	1,08758	87,6	208,9
2000	"	"	sacch	5,5	3,2	0,028	0,0	0,2	0,4	4,0	1,10139	101,4	239,0
2000	"	"	VD	5,8	3,8	0,035	0,0	0,0	0,4	4,0	1,10095	101,0	238,1
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	4,5	3,1	0,024	0,0	0,2	0,0	0,0	1,08753	87,5	208,8
2000	"	"	sacch	4,5	3,0	0,028	0,0	0,2	0,3	2,4	1,09952	99,5	235,0
2000	"	"	VD	4,7	3,3	0,025	0,0	0,2	0,4	2,8	1,10115	101,2	238,5
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	4,6	3,3	0,035	0,0	0,2	0,4	0,0	1,08767	87,7	209,1
2000	"	"	sacch	4,4	5,5	0,084	0,0	0,3	0,8	0,0	1,10042	100,4	236,9
2000	"	"	VD	6,6	5,7	0,073	0,0	1,3	0,4	0,0	1,10210	102,1	240,5
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	5,6	5,6	0,030	0,0	0,0	0,3	0,0	1,06905	69,1	167,4
2000	"	"	sacch	4,9	5,7	0,026	0,0	0,2	0,1	0,0	1,08261	82,6	197,9
2000	"	"	VD	5,0	5,7	0,037	0,0	0,2	0,6	4,4	1,08142	81,4	195,3
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	4,9	5,6	0,025	0,0	0,1	0,0	2,0	1,07414	74,1	179,0
2000	"	"	sacch	4,1	4,3	0,020	0,0	0,3	0,6	2,4	1,09069	90,7	215,8
2000	"	"	VD	4,4	5,3	0,029	0,0	0,3	1,2	6,4	1,08670	86,7	207,0
2000	Tafeltrauben	Italien	unbeh	3,9	1,8	0,010	0,0	0,0	0,0	0,0	1,07556	75,6	182,2
2000	"	"	SK	3,7	2,7	0,017	0,0	0,0	0,4	0,0	1,12100	121,0	280,4
2000	Riesling	SLFA	unbeh	7,7	5,4	0,056	0,0	0,0	0,2	0,1	1,07794	77,9	187,5
2000	"	"	UO	8,9	6,6	0,075	0,0	0,0	0,0	0,0	1,09090	90,9	216,2
2000	Riesling	SLFA	unbeh	8,1	4,9	0,051	0,0	0,0	0,0	0,1	1,07782	77,8	187,2
2000	"	"	UO	8,3	5,7	0,063	0,0	0,0	0,0	1,9	1,09201	92,0	218,7
		Cabernet- Sauvignon											
2000	ME	Pfalz	unbeh	4,1	3,0	0,004	0,0	0,0	0,1	0,4	1,07730	77,3	186,1
2000	"	"	UO	5,4	6,6	0,030	0,0	0,0	0,4	0,6	1,09740	97,4	230,4
2000	Chardonnay	Pfalz	unbeh	5,7	4,5	0,014	0,0	0,0	0,2		1,08073	80,7	193,7
2000	"	"	UO	6,1	5,5	0,019	0,0	0,0	0,0		1,09614	96,1	227,7
		Muskateller											
2000	pasteur.	SLFA	unbeh	4,9	5,2	0,006	0,0	0,0	0,3	0,0	1,06530	65,3	158,8
2000	"	"	UO	6,3	6,5	0,006	0,0	0,0	0,4		1,08837	88,4	210,7
		Muskateller											
2000	Mstandzeit	SLFA	unbeh								1,06923	69,2	167,8
2000	"	"	UO								1,08960	89,6	213,4

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	Weiß- nsre. g/L	Äpfel sre. g/L	Shikimi sre. g/L	Milch sre. g/L	Essig- sre. g/L	Zitro- Gly- nensre. cerin g/L	D 20/20	°Oe	Zucker g/L	
	Muskateller												
2000	Mstandzeit	SLFA	unbeh							1,07011	70,1	169,8	
2000	"	"	VD							1,07950	79,5	191,0	
	Weiß-												
2000	burgunder	SLFA	unbeh						0,0	1,08758	87,6	208,9	
2000	"	"	UO						2,3	1,10370	103,7	244,0	
	Grau-												
2000	burgunder	Nahe	unbeh	4,7	4,4	0,005	0,0	0,0	0,3	1,08736	87,4	208,5	
2000	"	"	UO	4,8	5,0	0,006	0,0	0,0	0,3	1,09580	95,8	226,9	
2000	Riesling	SLFA	unbeh	2,6	2,9	0,041	0,0	0,0	0,4	1,5	1,08388	83,9	200,8
2000	"	"	UO	2,8	3,5	0,047	0,0	0,1	0,6	2,2	1,09025	90,2	214,8
2000	"	"	UO	3,0	3,6	0,052	0,0	0,0	0,4	2,0	1,09718	97,2	229,9
	Müller-												
2001	Thurgau	Franken	unbeh	6,6	6,4	0,040	0,0	0,1	0,2	0,0	1,06001	60,0	146,6
2001	"	"	sacch	6,9	6,0	0,038	0,0	0,1	0,2	0,0	1,08181	81,8	196,2
2001	"	"	SK	6,3	9,1	0,075	0,0	0,1	0,3	0,0	1,08254	82,5	197,8
2001	Bacchus	Franken	unbeh	6,8	6,5	0,046	0,0	0,1	0,2	0,0	1,05850	58,5	143,1
2001	"	"	sacch	6,6	6,3	0,047	0,0	0,1	0,2	0,0	1,07240	72,4	175,0
2001	"	"	SK	6,0	8,8	0,082	0,0	0,1	0,2	0,0	1,08278	82,8	198,3
	Frühburgun-												
2001	der MG	Rheingau	sacch	5,8	5,5	0,008	0,0	0,0	0,5	0,0	1,08906	89,1	212,2
2001	"	"	auge	6,0	5,5	0,006	0,0	0,0	0,5	0,0	1,08791	87,9	209,7
2001	"	"	UO	5,6	6,5	0,010	0,0	0,0	0,6	0,0	1,09985	99,9	235,7
	Müller-												
2001	Thurgau	Rheingau	unbeh	5,8	5,2	0,064	0,0	0,4	0,2	0,0	1,07587	75,9	182,9
2001	"	"	sacch	5,8	5,1	0,062	0,0	0,1	0,1	0,0	1,08422	84,2	201,5
2001	"	"	auge	4,4	4,7	0,043	0,0	0,0	0,2	0,0	1,08851	88,5	211,0
2001	"	"	UO	6,4	6,3	0,076	0,0	0,1	0,2	0,0	1,08534	85,3	204,0
2001	"	"	KüZ	4,7	5,4	0,065	0,0	0,0	0,3	0,0	1,08957	89,6	213,3
	Portugieser												
2001	ME	Nahe	unbeh	5,6	4,0	0,047	0,2	0,1	0,2	0,0	1,07062	70,6	171,0
2001	"	"	sacch	5,2	3,7	0,037	0,2	0,0	0,2	0,0	1,08436	84,4	201,8
2001	"	"	UO	4,8	4,8	0,058	0,2	0,1	0,3	0,0	1,08526	85,3	203,8
2001	"	"	auge	5,3	3,2	0,036	0,4	0,0	0,2	0,0	1,08544	85,4	204,2
2001	"	"	sacch	5,3	3,7	0,041	0,2	0,1	0,2	0,0	1,09447	94,5	224,0
2001	"	"	UO	4,6	5,0	0,049	0,3	0,1	0,3	0,0	1,09377	93,8	222,5
2001	Riesling	Rheingau	unbeh	7,5	6,2	0,078	0,0	0,0	0,3	0,0	1,08317	83,2	199,2
2001	"	"	sacch	7,5	6,1	0,076	0,0	0,0	0,3	0,0	1,09686	96,9	229,2
2001	"	"	auge	6,6	5,7	0,078	0,0	0,0	0,3	0,0	1,09962	99,6	235,2
2001	"	"	UO	7,8	7,2	0,092	0,0	0,0	0,3	0,0	1,09736	97,4	230,3
2001	"	"	KüZ	7,5	6,8	0,091	0,0	0,0	0,3	0,0	1,09660	96,6	228,7
	Spätburgun-												
2001	der MG	Pfalz	unbeh	5,3	5,9	0,009	0,1	0,0	0,4	0,0	1,08135	81,4	195,1
2001	"	"	sacch	4,9	2,4	0,008	1,7	0,0	0,4	0,0	1,10103	101,0	238,2
2001	"	"	auge	5,2	5,1	0,005	0,0	0,0	0,4	0,0	1,09782	97,8	231,3
2001	"	"	UO	5,5	5,8	0,007	0,2	0,0	0,4	0,0	1,09412	94,1	223,3
2001	Riesling	Rheingau	unbeh	6,8	5,1	0,052	0,1	0,0	0,3	0,0	1,08402	84,0	201,1
2001	"	"	sacch	7,4	5,0	0,049	0,1	0,0	0,3	0,0	1,09794	97,9	231,6
2001	"	"	UO	6,8	5,9	0,059	0,1	0,0	0,4	0,0	1,09785	97,9	231,4
	Lemberger												
2001	MG	Württemb erg	unbeh	4,8	2,3	0,039	0,0	0,0	0,2	0,0	1,07550	75,5	182,0
2001	"	"	sacch	4,8	2,4	0,022	0,0	0,0	0,2	0,0	1,07814	78,1	188,0

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	Weiß- nsre. g/L	Äpfel sre. g/L	Shikimi sre. g/L	Milch sre. g/L	Essig- sre. g/L	Zitro- nensre. g/L	Gly- cerin g/L	D 20/20	°Oe	Zucker g/L
2001	"	"	auge	5,1	2,8	0,029	0,0	0,0	0,2	0,0	1,08465	84,6	202,5
2001	"	"	UO	4,9	2,9	0,031	0,0	0,0	0,2	0,0	1,09539	95,4	226,0
Spätburgun-													
2001	der ME	Pfalz	unbeh	5,5	3,9	0,005	0,0	0,0	0,3	0,0	1,08004	80,0	192,2
2001	"	"	SK	5,2	5,5	0,008	0,0	0,1	0,6	0,0	1,11296	113,0	263,6
Weiß-													
SLFA (frühe)													
2001	burgunder	Lese)	unbeh	7,8	4,4	0,014	0,0	0,1	0,3	0,0	1,08053	80,5	193,3
2001	"	"	UO	10,0	6,1	0,019	0,0	0,1	0,4	0,0	1,10292	102,9	242,3
Weißburgun (normale)													
SLFA (normale)													
2001	der	Lese)	unbeh	5,0	3,8	0,013	0,1	0,1	0,4	1,4	1,09343	93,4	221,8
2001	"	"	UO	5,6	4,2	0,015	0,1	0,1	0,5	1,7	1,10672	106,7	250,4
Riesling													
SLFA (frühe)													
2001	Riesling	Lese)	unbeh	10,3	4,9	0,071	0,0	0,1	0,3	0,0	1,08018	80,2	192,5
2001	"	"	UO	11,4	6,4	0,094	0,0	0,1	0,4	0,0	1,10436	104,4	245,4
Riesling													
SLFA (normale)													
2001	Riesling	Lese)	unbeh	6,4	3,6	0,048	0,0	0,1	0,4	0,0	1,08383	83,8	200,6
2001	"	"	UO	6,2	4,0	0,057	0,0	0,1	0,4	1,7	1,10177	101,8	239,8
Sauvignon													
2001	blanc	Pfalz	unbeh	7,0	4,3	0,056	0,0	0,1	0,4	0,0	1,09409	94,1	223,2
2001	"	"	UO	7,1	4,8	0,063	0,0	0,1	0,5	0,0	1,10484	104,8	246,4
Dornfelder													
2001	ME	Pfalz	unbeh	6,7	3,2	0,017	0,0	0,0	0,1	0,0	1,06992	69,9	169,4
2001	"	"	UO	6,5	3,8	0,026	0,0	0,0	0,2	0,0	1,07530	75,3	181,6
Grauburgun													
2001	der	SLFA	unbeh	6,1	4,7	0,012	0,0	0,0	0,4	0,9	1,08334	83,3	199,6
2001	"	"	UO	5,7	5,1	0,013	0,0	0,0	0,4	1,0	1,09266	92,7	220,1
2001	Chardonnay	Pfalz	unbeh	4,5	3,9	0,037	0,0	0,0	0,4	0,0	1,08795	88,0	209,8
2001	"	"	UO	4,4	4,7	0,045	0,0	0,0	0,4	0,0	1,11114	111,1	259,8
2001	Chardonnay	Pfalz	unbeh	5,4	4,6	0,038	0,0	0,0	0,4	0,0	1,08007	80,1	192,3
2001	"	"	UO	5,1	5,2	0,044	0,0	0,0	0,4	0,0	1,09488	94,9	224,9
2001	"	"	SL	5,7	5,0	0,010	0,0	0,2	0,6	4,3			
Gewürz-													
2001	traminer	Pfalz	unbeh	4,5	2,5	0,009	0,0	0,0	0,3	0,0	1,09015	90,1	214,6
2001	"	"	UO	3,8	2,9	0,012	0,0	0,0	0,4	0,0	1,10869	108,7	254,6
2001	Muskateller	SLFA	unbeh	5,8	4,2	0,006	0,1	0,1	0,4	1,3	1,08578	85,8	205,0
2001	"	"	UO	5,9	4,5	0,007	0,1	0,1	0,4	1,9	1,09296	93,0	220,7

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	E 420	E 520	Ferm N	Gesamt- phenole mg/L	pH	Titrierb. Sre. g/L
Müller-													
1999	Thurgau	Rheinhes	unbeh	48	1479	93	54	0,142		30	88	3,30	6,1
1999	"	"	sacch	49	1295	98	72	0,201		28	109	3,54	5,7
1999	"	"	UO	57	1362	115	70	0,187		34	91	3,34	6,8
1999	"	"	VD	53	1384	103	61	0,193		29	104	3,34	6,5
Portugieser													
1999	Pfalz	Pfalz	unbeh	46	1992	71	26	3,160	3,620	42	913	3,65	5,4
1999	"	"	sacch	44	2020	112	60	4,380	4,330	43	842	3,76	5,1
1999	"	"	UO	53	2084	75	35	3,340	4,190	51	1143	3,69	5,8
1999	"	"	VD	56	2267	81	41	3,350	4,110	52	1019	3,71	5,4
Dornfelder													
1999	MG	Pfalz	unbeh	54	1913	53	69	0,980	2,130	38	665	3,32	6,2
1999	"	"	sacch	40	1290	69	58	1,240	2,450	38	550	3,37	5,8
1999	"	"	UO	101	2060	80	90	1,920	4,110	78	930	3,34	8,7
1999	"	"	VD	76	2043	81	98	1,950	3,850	60	1001	3,41	7,9
Grau-													
1999	burgunder	Baden	unbeh	82	1434	85	62	0,752	0,373	61	191	3,62	6,4
1999	"	"	sacch	78	1669	123	81	0,466	0,207	47	192	3,63	6,3
1999	"	"	UO	101	1564	103	77	0,775	0,368	61	206	3,58	7,0
Riesling													
1999	Pfalz	Pfalz	unbeh	40	1353	138	76	0,215		6	137	3,13	8,5
1999	"	"	sacch	49	1343	118	74	0,227		11	158	3,07	8,4
1999	"	"	UO	48	1590	183	96	0,308		7	200	3,13	10,3
1999	"	"	VD	46	1614	173	93	0,330		9	197	3,15	10,4
1999	"	"	SK	23	1266	126	94	0,242		11	608	3,04	8,9
Gewürztrami													
1999	ner	Pfalz	unbeh	146	1462	112	59	0,122		45	122	3,44	7,5
1999	"	"	sacch	149	1279	80	63	0,155		54	124	3,38	7,4
1999	"	"	UO	142	1159	113	74	0,167		59	131	3,40	7,4
1999	"	"	VD	161	1373	120	82	0,157		58	147	3,45	7,8
Spätburgund													
1999	er	Pfalz	unbeh	85	1632	185	91	0,940	0,910	66	347	3,52	7,1
1999	"	"	VD	124	2066	185	106	1,570	1,660	90	550	3,51	9,5
Riesling													
1999	FAG	FAG	unbeh	78	1307	114	70	0,508		19	257	3,15	8,5
1999	"	"	sacch	156	1321	93	60	0,181		17	229	3,20	8,4
1999	"	"	UO	89	1259	122	70	0,526		22	233	3,13	8,9
1999	"	"	VD	89	1281	127	88	0,872		22	246	3,08	9,4
1999	"	"	SK	129	1575	126	85	0,370		22	280	3,23	8,9
Weiß-													
1999	burgunder	Pfalz	unbeh	56	1237	86	59	0,708	0,364	33	200	3,40	5,9
1999	"	"	sacch	57	1293	89	62	0,140	0,052	34	113	3,37	5,8
1999	"	"	UO	66	1476	106	72	0,319	0,107	36	134	3,44	6,8
1999	"	"	VD	70	1584	103	77	0,524	0,244		188	3,32	7,0
Mosel-													
Saar-													
1999	Riesling	Ruwer	unbeh	82	1104	111	78	0,390	0,172	11	173	3,66	4,8
1999	"	"	sacch	150	1090	104	76	0,204	0,080	7	161	3,69	4,7
1999	"	"	UO	107	1011	160	106	0,338	0,126	18	200	3,29	5,7
1999	"	"	SK	85	1054	136	101	0,576	0,296	11	342	3,59	5,3

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	E 420	E 520	Ferm N	Gesamt- phenole mg/L	pH	Titrierb. Sre. g/L
				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L						
1999	Silvaner	Franken	unbeh	45	1504	136	63	0,224		49	181	3,35	6,6
1999	"	"	sacch	46	1467	129	55	0,248		66	159	3,44	6,4
1999	"	"	UO	56	1575	193	88	0,295		67	214	3,38	7,5
1999	"	"	VD	53	1615	143	72	0,369		61	230	3,33	7,6
1999	"	"	SK	47	1222	128	70	0,484		67	208	3,38	5,8
SLVA													
1999	Riesling	Trier	unbeh	86	1221	78	55	0,475		28	190	3,19	7,9
1999	"	"	sacch	87	1228	93	59	0,436		28	135	3,15	7,5
1999	"	"	UO	108	1183	122	72	0,592		34	272	3,09	8,9
1999	"	"	VD	106	1037	145	90	0,476		33	207	3,12	7,5
1999	"	"	SK	160	997	132	80	0,450		41	354	3,22	7,3
1999	Riesling	Nahe	unbeh	40	1288	125	81	0,551		18	249	3,01	8,9
1999	"	"	sacch	43	1273	139	83	0,544		17	250	3,13	8,6
1999	"	"	UO	47	1294	143	93	0,381		17	280	2,99	9,8
1999	"	"	VD	51	1295	159	94	0,605		19	269	3,00	10,0
1999	"	"	SK	87	1520	149	97	0,575		33	277	3,15	9,4
Württemberg													
1999	Riesling	berg	unbeh	59	1084	101	93	0,875		13	274	3,14	7,5
1999	"	"	sacch	58	1249	111	85	0,509		14	206	3,06	7,7
1999	"	"	UO	68	1057	122	106	0,535		15	272	3,18	8,3
1999	"	"	VD	67	1065	121	104	0,404		15	271	3,22	8,2
Müller-													
2000	Thurgau	FAG	unbeh	0	1678	90	67	0,173		52	379	3,22	6,7
2000	"	"	sacch	0	2231	115	91	0,171		49	413	3,22	6,6
2000	"	"	UO	0	2207	159	111	0,200		66	242	3,29	7,6
2000	"	"	VD	0	1929	131	102	0,197		62	194	3,30	7,6
Portugieser													
2000	ME	FAG	unbeh	160	3425	120	75	3,570	7,140	72	159	3,46	9,1
2000	"	"	sacch	174	3756	126	76	3,390	6,940	70	156	3,40	10,4
2000	"	"	VD	169	3237	145	77	4,350	9,220	83	181	3,42	10,7
Spätburgund													
2000	er ME	FAG	unbeh	192	2448	171	78	3,65	7,48	129	214	3,42	9,9
2000	"	"	sacch	184	2383	167	79	3,51	7,5	126	120	3,38	10,0
2000	"	"	UO	224	2846	236	92	6,95	11,5	147	234	3,39	11,7
2000	"	"	VD	239	3067	246	104	4,24	9,14	146	272	3,42	11,7
2000	"	"	KüZ		2396	198	103	3,43	6,17		815	3,60	10,3
Weißburgun													
2000	der	Rheingau	unbeh	192	2862	168	101	0,25			165	3,34	8,6
2000	"	"	sacch	205	3029	178	101	0,25			160	3,33	8,5
2000	"	"	VD	191	2675	191	101	0,281			196	3,31	9,5
Württemberg													
2000	Lemberger	berg	unbeh	120	2201	90	74	5,8	15,7		1576	3,45	7,8
2000	"	"	sacch	102	1981	99	67	5,55	15,35		1337	3,38	7,7
2000	"	"	auge		2697	110	92	6,87	18,42		1125	3,55	8,6
2000	"	"	UO	135	2210	133	83	8,06	20,58		1912	3,36	8,4
2000	"	"	VD	149	2475	144	104	7,83	20,23		2339	3,38	8,4
2000	"	"	SK	167	2306	126	103	3,87	8,91		904	3,32	8,1

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	E 420	E 520	Ferm N	Gesamt- phenole mg/L	pH	Titrierb. Sre. g/L
			Mosel- Saar-										
2000	Riesling	Ruwer	unbeh	181	1410	95	87	0,164			247	2,97	11,6
2000	"	"	sacch	174	1340	89	82	0,172			237	2,94	11,1
2000	"	"	UO	240	1779	127	114	0,428			242	2,95	14,4
2000	"	"	VD	220	1623	121	107	0,311			247	2,94	14,7
2000	"	"	SK	135	1135	94	73	0,258			506	2,96	12,0
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	138	1354	89	50	0,294			250	3,13	10,9
2000	"	"	sacch	131	1286	87	45	0,308			259	3,12	10,9
2000	"	"	ausge	157	1619	102	70	0,337			227	3,01	9,9
2000	"	"	UO	149	1259	110	61	0,396			249	3,04	12,1
2000	"	"	VD	158	1348	115	67	0,424			245	3,04	12,4
2000	"	"	SK	156	1353	118	70	0,546			496	3,06	11,6
2000	"	"	KüZ	179	1705	122	75	0,349			319	3,07	12,4
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	166	1555	123	82	0,306			216	3,12	9,1
2000	"	"	sacch	159	1509	117	77	0,324			243	3,13	8,9
2000	"	"	SK	255	1828	229	145	0,56			598	3,11	11,2
2000	"	"	SK	165	1611	117	95	0,553			559	3,20	11,0
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	185	1993	112	96	0,417			226	3,12	9,5
2000	"	"	sacch	147	1594	91	73	0,391			232	3,12	9,5
2000	"	"	VD	183	1984	119	98	0,775			214	3,13	11,2
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	152	1484	110	85	0,335			318	3,15	8,9
2000	"	"	sacch	155	1589	108	89	0,417			337	3,17	8,8
2000	"	"	VD	186	1803	137	114	0,479			330	3,15	10,1
2000	Riesling	Rheingau	unbeh					0,307			349	3,13	8,8
2000	"	"	sacch					0,251			372	3,14	8,5
2000	"	"	VD					0,425			381	3,17	10,2
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	217	1529	96	79	0,302			243	3,21	10,4
2000	"	"	sacch	277	2173	105	74	0,301			244	3,24	10,2
2000	"	"	VD	264	1645	114	105	0,461			253	3,08	11,8
2000	Riesling	Rheingau	unbeh	220	2043	100	107	0,299			292	3,27	10,0
2000	"	"	sacch	208	2037	97	107	0,363			389	3,13	9,9
2000	"	"	VD	251	2193	121	130	0,422			262	3,13	11,5
2000	Tafeltrauben	Italien	unbeh	0	2992	152	101	0,307			138	3,92	3,3
2000	"	"	SK	0	3211	179	127	0,401			251	4,28	3,2
2000	Riesling	SLFA	unbeh	0	1533	82	62	0,204		32	393	3,07	10,1
2000	"	"	UO	0	1601	123	84	0,210		38	423	3,11	11,2
2000	Riesling	SLFA	unbeh	0	1883	98	74	0,467		28	314	3,19	10,4
2000	"	"	UO	0	2401	158	116	0,719		34	418	3,22	11,4
			Cabernet- Sauvignon										
2000	ME	Pfalz	unbeh	92	2459	120	75	4,490	11,200		1735	3,28	11,7
2000	"	"	UO	107	2316	155	90	5,040	13,570		2265	3,25	13,8
2000	Chardonnay	Pfalz	unbeh	118	1374	95	65	0,430				3,33	10,6
2000	"	"	UO	212	2078	173	128	1,265				3,28	12,1
			Muskateller										
2000	pasteur.	SLFA	unbeh	0	1729	144	92	0,448			246	3,13	8,8

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	E 420	E 520	Ferm N	Gesamt- phenole mg/L	pH	Titrierb. Sre. g/L
2000	"	"	UO	0	2479	196	129	1,750			308	3,13	12,0
Weiß-													
2000	burgunder	SLFA	unbeh									3,38	8,5
2000	"	"	UO									3,37	9,4
Grau-													
2000	burgunder	Nahe	unbeh								196	3,56	8,4
2000	"	"	UO								218	3,52	9,0
2000	Riesling	SLFA	unbeh								203	3,36	9,3
2000	"	"	UO								214	3,36	10,0
2000	"	"	UO								229	3,36	10,7
Müller-													
2001	Thurgau	Franken	unbeh	63	905	108	66	0,084			86	2,89	9,1
2001	"	"	sacch	55	773	75	44	0,097			83	2,88	8,6
2001	"	"	SK	75	1096	118	89	0,225			241	2,97	10,7
2001	Bacchus	Franken	unbeh	55	1112	82	47	0,096			108	2,97	9,0
2001	"	"	sacch	43	1078	78	46	0,124			105	2,96	8,6
2001	"	"	SK	74	1183	90	71	0,195			372	3,01	10,1
Frühburgun-													
2001	der MG	Rheingau	sacch	93	1840	116	70	0,424	0,574		329	3,53	6,6
2001	"	"	ausge	110	1582	78	55	0,382	0,450		242	3,51	7,2
2001	"	"	UO	116	2004	128	96	0,641	1,018		414	3,59	7,0
Müller-													
2001	Thurgau	Rheingau	unbeh	20	1458	98	72	0,114			264	3,25	7,1
2001	"	"	sacch		1629	103	83	0,082			262	3,25	7,0
2001	"	"	auge	54	1480	112	69	0,100	0,025		205	3,24	6,8
2001	"	"	UO	32	1660	125	95	0,122			303	3,24	7,7
2001	"	"	KüZ	37	1610	163	87	0,146	0,044		277	3,17	7,8
Portugieser													
2001	ME	Nahe	unbeh	40	2415	113	54	4,171	7,498		1503	3,84	6,5
2001	"	"	sacch	38	2264	118	50	2,637	5,778		1281	3,72	6,3
2001	"	"	UO	50	2382	163	63	3,555	7,932		1615	3,70	7,0
2001	"	"	ausge	33	2467	121	54	3,341	7,447		1279	3,75	6,1
2001	"	"	sacch	38	2347	123	48	4,501	7,972		1464	3,70	6,2
2001	"	"	UO	52	2461	166	80	3,980	8,865		1761	3,70	7,4
2001	Riesling	Rheingau	unbeh	120	1168	172	69	0,440	0,162		256	2,93	11,3
2001	"	"	sacch	116	1142	147	58	0,488	0,180		252	2,90	11,2
2001	"	"	auge	135	1310	168	74	0,466	0,170		224	2,96	10,2
2001	"	"	UO	154	1197	208	89	0,465	0,168		282	2,84	12,9
2001	"	"	KüZ	129	1220	228	88	0,566	0,234		308	2,88	12,5
Spätburgun-													
2001	der MG	Pfalz	unbeh	112	1561	141	66	0,557	0,631		275	3,43	9,8
2001	"	"	sacch	82	1562	143	68	0,650	0,683		318	3,40	7,8
2001	"	"	ausge	90	1491	138	66	0,614	0,696		287	3,27	9,5
2001	"	"	UO	123	1456	154	78	0,668	0,844		351	3,30	9,7
2001	Riesling	Rheingau	unbeh	112	1310	150	81	0,246	0,068		206	3,08	9,8
2001	"	"	sacch	112	1461	143	78	0,281	0,082		201	3,06	10,0
2001	"	"	UO	137	1230	167	94	0,375	0,112		237	3,01	11,0

Jahr	Rebsorte	Herkunft	Vari- ante	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	E 420	E 520	Ferm N	Gesamt- phenole mg/L	pH	Titrierb. Sre. g/L
	Lemberger	Württemb											
2001	MG	erg	unbeh	57	1328	118	78	0,283	0,429		873	3,17	5,9
2001	"	"	sacch	72	1289	107	76	1,303	1,827		482	3,31	5,8
2001	"	"	ausge	77	1432	115	77	1,165	1,685		502	3,27	6,1
2001	"	"	UO	83	1327	136	97	1,096	1,421		490	3,23	6,5
	Spätburgun- der ME	Pfalz											
2001	"	"	unbeh	75	1539	256	81	2,406	3,113		1739	3,29	7,3
2001	"	"	SK	99	1671	302	104	2,172	3,209		1743	3,33	8,5
	Weiß- burgunder	SLFA (frühe Lese)											
2001	"	"	unbeh	81	1275	118	72	0,265		52	118	3,16	9,2
2001	"	"	UO	98	1210	95	73	0,453		68	133	3,11	11,8
	Weißburgun der	SLFA (normale Lese)											
2001	"	"	unbeh	59	1545	133	69	0,368	0,101	73	138	3,40	6,3
2001	"	"	UO	72	1774	173	79	0,470	0,137	83	158	3,41	7,1
	Riesling	SLFA (frühe Lese)											
2001	"	"	unbeh	109	1109	158	74	0,378		17	119	2,96	11,6
2001	"	"	UO	120	1077	186	102	0,510		20	151	2,93	14,9
	Riesling	SLFA (normale Lese)											
2001	"	"	unbeh	74	1523	155	73	0,128	0,035	22	234	3,09	9,2
2001	"	"	UO	93	1235	192	91	0,158	0,052	26	275	2,91	10,5
	Sauvignon blanc	Pfalz											
2001	"	"	unbeh	88	1386	109	60	0,274		82	205	3,42	7,9
2001	"	"	UO	114	1543	125	80	0,384		92	233	3,33	8,7
	Dornfelder ME	Pfalz											
2001	"	"	unbeh	48	2155	70	63	4,340	10,100	85	833	3,52	6,2
2001	"	"	UO	43	2370	81	58	4,840	11,050	88	842	3,52	6,6
	Grauburgun der	SLFA											
2001	"	"	unbeh	144	1716	78		0,336	0,171	121	228	3,43	8,6
2001	"	"	UO	175	1713	90		0,378	0,212	133	250	3,34	9,3
	Chardonnay	Pfalz											
2001	"	"	unbeh	100	1492	170	79	0,051	0,010		291	3,19	7,5
2001	"	"	UO	128	1470	232	98	0,087	0,026		368	3,14	8,7
	Chardonnay	Pfalz											
2001	"	"	unbeh	142	1634	114	78	0,057	0,018	37	220	3,14	9,0
2001	"	"	UO	140	1260	151	80	0,088	0,044	43	236	3,11	9,7
2001	"	"	SL	218	1742	166	99	0,227	0,092	39	132	3,49	8,8
	Gewürz- traminer	Pfalz											
2001	"	"	unbeh	88	1667	146	57	0,239	0,092	69	239	3,56	4,8
2001	"	"	UO	120	2096	193	87	0,314	0,126	77	284	3,57	5,4
	Muskateller	SLFA											
2001	"	"	unbeh	29	2031	213	87	0,449	0,140	33	200	3,45	7,2
2001	"	"	UO	32	1942	234	97	0,505	0,152	35	205	3,44	7,5

Anhang 5 Analysedaten der Versuchsweine nach Mostkonzentrierung

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
99900	Müller-Thurgau	Rheinhausen	unbeh	3,0	2,7	0,038	0,0	0,2	3,29	5,4
99900a	"	"	unbeh	2,9	2,6	0,038	0,0	0,2	3,32	5,4
99901	"	"	sacch	2,7	2,5	0,032	0,2	0,2	3,36	5,2
99901a	"	"	sacch	2,8	2,7	0,034	0,2	0,2	3,38	5,3
99902	"	"	UO	2,7	3,2	0,040	0,3	0,3	3,38	5,7
99902a	"	"	UO	2,8	3,6	0,043	0,6	0,4	3,38	5,8
99903	"	"	VD	3,0	3,7	0,045	0,6	0,5	3,30	5,6
99903a	"	"	VD	2,9	3,0	0,039	0,2	0,2	3,30	5,6
99904	Portugieser ME	Pfalz	unbeh	2,3	4,3	0,025	0,0	0,2	3,65	4,9
99904a	"	"	unbeh	2,1	4,0	0,023	0,0	0,2	3,71	4,8
99905	"	"	sacch	1,8	4,0	0,024	0,0	0,2	3,69	4,9
99905a	"	"	sacch	1,9	4,0	0,023	0,0	0,2	3,71	4,9
99906	"	"	UO	1,7	4,2	0,027	0,5	0,3	3,84	4,8
99906a	"	"	UO	1,7	4,3	0,029	0,3	0,2	3,84	4,8
99907	"	"	VD	1,7	4,5	0,032	0,0	0,3	3,79	4,6
99907a	"	"	VD	1,8	4,4	0,030	0,0	0,3	3,85	4,8
99908	Dornfelder MG	Pfalz	unbeh	2,2	2,3	0,061	0,2	0,2	3,70	5,8
99909	"	"	sacch	2,1	2,8	0,078	0,2	0,2	3,61	6,4
99910	"	"	UO	1,6	1,8	0,044	0,2	0,0	3,68	5,7
99911	"	"	VD	1,9	2,9	0,062	0,0	0,2	3,64	5,9
99912	Grauburgunder	Baden	unbeh	2,0	3,7	0,004	0,0	0,4	3,51	6,2
99912a	"	"	unbeh	1,9	3,8	0,005	0,2	0,4	3,51	6,1
99913	"	"	sacch	1,7	3,5	0,004	0,4	0,4	3,54	6,0
99913a	"	"	sacch	1,6	3,4	0,004	0,6	0,3	3,60	5,9
99914	"	"	UO	1,7	4,0	0,005	0,3	0,4	3,60	6,3
99914a	"	"	UO	1,7	3,8	0,006	0,4	0,5	3,66	6,4
99915	"	"	VD	1,6	3,7	0,005	0,2	0,5	3,56	6,1
99915a	"	"	VD	1,5	3,7	0,005	0,3	0,5	3,64	6,3
99916	"	"	SK	1,8	2,2	0,003	0,9	0,5	3,50	5,5
99916a	"	"	SK	1,7	2,5	0,003	0,5	0,4	3,53	5,5
99917	Spätburgunder MG FAG		unbeh	2,1	4,3	0,007	0,6	0,3	3,51	6,5
99917a	"	"	unbeh	2,1	4,1	0,006	0,4	0,3	3,52	6,5
99918	"	"	sacch	1,9	4,1	0,007	0,5	0,3	3,56	6,7
99918a	"	"	sacch	1,8	4,1	0,007	0,0	0,3	3,49	6,7
99919	"	"	UO	1,6	4,9	0,008	0,4	0,3	3,61	6,6
99919a	"	"	UO	1,5	5,1	0,008	0,4	0,3	3,62	6,6
99920	"	"	VD	1,8	5,4	0,011	0,5	0,4	3,67	6,7
99920a	"	"	VD	1,8	5,4	0,012	0,5	0,4	3,67	6,6
99921	"	"	SK	1,8	5,1	0,010	0,5	0,6	3,56	7,6
99921a	"	"	SK	1,9	5,9	0,000	0,5	0,3	3,55	7,7
99922	Riesling	FAG	ausged	2,4	3,2	0,058	0,0	0,3	3,10	7,7
99922a	"	"	ausged	2,4	3,1	0,057	0,0	0,3	3,13	7,7
99923	"	"	unbeh	2,8	3,7	0,067	0,1	0,3	2,97	8,1
99923a	"	"	unbeh	2,8	3,7	0,066	0,1	0,3	2,99	8,2
99924	"	"	sacch	2,7	3,5	0,066	0,2	0,3	3,00	7,8
99924a	"	"	sacch	2,7	3,6	0,067	0,2	0,2	2,97	8,0

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
99925	"	"	UO	2,6	3,8	0,072	0,1	0,3	3,01	8,3
99925a	"	"	UO	2,6	3,8	0,071	0,1	0,3	2,96	8,2
99926	"	"	VD	2,6	3,8	0,077	0,1	0,3	2,86	8,5
99926a	"	"	VD	2,6	3,9	0,078	0,1	0,3	2,94	8,6
99927	"	"	SK	2,0	3,9	0,080	0,0	0,3	3,14	8,0
99927a	"	"	SK	2,1	3,9	0,080	0,0	0,3	3,09	7,9
99802	Riesling	Pfalz	sacch	3,4	3,1	0,068	0,3	0,2	2,95	8,0
99803	"	"	UO	3,6	3,6	0,079	0,8	0,2	3,19	9,1
99801	"	"	VD	3,3	3,7	0,088	0,6	0,2	3,06	9,1
99928	Gewürztraminer	Pfalz	unbeh	2,4	3,5	0,065	0,3	0,2	3,51	6,3
99928a	"	"	unbeh	2,4	3,5	0,065	0,3	0,2	3,44	6,3
99929	"	"	sacch	2,4	3,4	0,066	0,4	0,2	3,55	6,3
99929a	"	"	sacch	2,3	3,4	0,065	0,4	0,2	3,48	6,2
99930	"	"	UO	2,4	3,3	0,070	0,3	0,2	3,54	6,6
99930a	"	"	UO	2,4	3,3	0,070	0,3	0,2	3,56	6,6
99931	"	"	VD	2,2	3,9	0,076	0,5	0,3	3,52	7,0
99931a	"	"	VD	2,3	4,4	0,077	0,6	0,3	3,54	6,9
99938	Weißburgunder	Pfalz	unbeh	2,4	3,4	0,043	0,0	0,3	3,37	6,6
99938a	"	"	unbeh	2,4	3,5	0,047	0,0	0,3	3,39	6,6
99939	"	"	sacch	2,2	3,3	0,061	0,0	0,3	3,33	6,6
99939a	"	"	sacch	2,2	3,3	0,059	0,8	0,2	3,41	6,5
99940	"	"	UO	2,3	3,9	0,034	0,1	0,4	3,45	6,6
99940a	"	"	UO	2,4	4,0	0,032	0,1	0,4	3,37	6,5
99941	"	"	VD	2,3	3,1	0,078	1,0	0,4	3,38	6,9
99941a	"	"	VD	2,3	3,5	0,076	0,5	0,2	3,35	7,0
99942	Riesling	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh	4,0	3,1	0,050	0,0	0,2	2,86	8,2
99942a	"	"	unbeh	4,0	3,2	0,049	0,0	0,2	2,85	8,3
99943	"	"	sacch	3,5	2,7	0,049	0,0	0,2	2,88	8,0
99943a	"	"	sacch	3,6	2,7	0,048	0,0	0,2	2,84	8,0
99944	"	"	UO	4,0	3,2	0,056	0,0	0,3	2,78	8,9
99944a	"	"	UO	3,9	3,2	0,057	0,0	0,3	2,81	8,9
99946a	"	"	SK	3,5	3,2	0,055	0,0	0,3	3,13	8,5
99947	Riesling	SLVA Trier	unbeh	3,9	2,6	0,046	0,0	0,2	2,88	6,8
99947a	"	"	unbeh	3,9	2,6	0,047	0,0	0,2	2,96	6,8
99948	"	"	sacch	3,6	2,5	0,045	0,1	0,2	3,03	6,6
99948a	"	"	sacch	3,6	2,4	0,046	0,1	0,2	3,01	6,6
99949	"	"	UO	4,0	3,0	0,057	0,1	0,3	3,00	7,8
99949a	"	"	UO	4,1	3,0	0,056	0,1	0,3	3,07	7,8
99950	"	"	VD	3,6	3,1	0,055	0,5	0,2	3,12	7,0
99950a	"	"	VD	3,5	3,0	0,053	0,5	0,2	3,13	7,0
99951	"	"	SK	3,3	3,0	0,070	0,4	0,1	3,20	6,8
99951a	"	"	SK	3,3	3,0	0,071	0,4	0,1	3,17	6,7
99952	Silvaner	LdsA Veitshöchheim	unbeh	2,8	3,1	0,025	0,0	0,2	3,21	5,6
99952a	"	"	unbeh	2,9	3,2	0,024	0,0	0,2	3,25	5,6
99953	"	"	sacch	2,5	3,2	0,025	0,0	0,3	3,37	5,5
99953a	"	"	sacch	2,5	3,1	0,025	0,0	0,3	3,43	5,5
99954	"	"	UO	2,6	3,8	0,033	0,7	0,0	3,46	6,5

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
99954a	"	"	UO	2,6	4,1	0,034	1,1	0,0	3,47	6,4
99955	"	"	VD	2,5	3,7	0,031	0,6	0,3	3,44	6,1
99955a	"	"	VD	2,4	3,5	0,031	0,4	0,2	3,46	6,0
99956	"	"	SK	2,5	3,1	0,031	0,3	0,3	3,34	5,7
99968	Spätburgunder	MG Pfalz	unbeh						3,54	4,1
99971	"	"	VD						3,70	4,7
99973	Riesling	Württemberg	unbeh	3,1	2,3	0,067	0,9	0,4	3,02	6,6
99973a	"	"	unbeh	3,0	2,3	0,067	0,7	0,3	3,08	6,5
99974	"	"	sacch	2,9	2,1	0,063	0,1	0,2	3,11	6,5
99975	"	"	UO	3,5	2,4	0,070	0,0	0,2	3,04	7,3
99975a	"	"	UO	3,5	2,8	0,073	0,6	0,3	3,03	7,3
99976	"	"	VD	3,5	2,5	0,073	0,8	0,3	3,04	7,1
99976a	"	"	VD	3,3	2,3	0,073	0,3	0,2	3,03	7,3
00901	Müller-Thurgau	FAG	unbeh	2,6	3,7	0,054	0,4	0,2	3,18	5,7
00902	"	"	sacch	2,6	4,0	0,058	0,6	0,2	3,19	5,6
00904	"	"	UO	2,8	5,1	0,076	0,9	0,2	3,18	6,6
00905	"	"	VD	2,3	4,4	0,065	0,7	0,2	3,17	6,5
00906	"	"	SK	2,5	3,9	0,103	0,5	0,2	3,25	6,4
00912	Portugieser	ME Nahe	unbeh	2,3	6,1	0,045	0,2	0,4	3,37	6,2
00913	"	"	sacch	2,0	6,2	0,047	0,2	0,3	3,42	6,0
00914	"	"	VD	2,0	8,0	0,064	0,2	0,4	3,37	7,3
00915	"	"	Rückv	1,9	7,5	0,060	0,2	0,4	3,39	6,9
00916	Spätburgunder	ME FAG	unbeh	0,4	6,6	0,012	0,3	0,4	3,77	5,8
00917	"	"	sacch	0,3	6,3	0,011	0,3	0,4	3,76	5,8
00919	"	"	UO	0,4	7,7	0,015	0,4	0,5	3,78	6,9
00920	"	"	VD	0,3	7,6	0,014	0,4	0,6	3,79	6,8
00923	"	"	KÜZ	0,3	7,1	0,013	0,4	0,5	3,76	6,3
00927	Weißburgunder	FAG	unbeh	2,2	4,9	0,009	0,5	0,5	3,26	7,4
00928	"	"	sacch	2,0	4,6	0,009	0,7	0,4	3,31	7,3
00929	"	"	VD	2,3	5,5	0,011	0,7	0,5	3,32	8,4
00930	"	"	Rückv	2,2	5,5	0,011	0,7	0,5	3,31	8,4
00931	Lemberger	MG Württemberg	unbeh	2,1	2,7	0,021	0,5	0,0	3,43	4,4
00932	"	"	sacch	2,2	3,2	0,038	0,6	0,2	3,43	4,8
00933	"	"	ausged	2,3	2,8	0,033	0,9	0,0	3,44	4,6
00934	"	"	UO	2,2	3,7	0,045	0,7	0,0	3,49	4,9
00935	"	"	VD	2,2	3,7	0,042	0,9	0,0	3,54	4,9
00936	"	"	SK	2,4	3,5	0,041	0,5	0,0	3,32	5,4
00937	"	"	SA	2,4	2,9	0,037	0,7	0,0	3,40	4,7
00941	Riesling	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh	2,9	6,6	0,046	0,2	0,3	3,04	8,8
00942	"	"	sacch	2,5	6,6	0,048	0,2	0,3	3,04	8,4
00943	"	"	UO	3,0	8,3	0,061	0,2	0,3	3,03	10,7
00944	"	"	VD	3,2	8,4	0,062	0,3	0,4	3,02	10,9
00945	"	"	SK	2,6	7,4	0,075	0,2	0,4	3,16	8,7
00946	Spätburgunder	MG Ahr	unbeh	2,2	5,1	0,012	1,1	0,0	3,89	4,7
00947	"	"	sacch	2,1	4,7	0,011	1,0	0,0	3,91	4,5
00948	"	"	UO	1,9	5,8	0,013	1,0	0,0	4,03	4,6

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
00949	"	"	VD	2,0	5,6	0,012	1,0	0,0	4,04	4,6
00950	"	"	SA	1,9	5,0	0,011	0,9	0,0	3,97	4,4
00951	Riesling	FAG	unbeh	2,4	5,4	0,066	0,2	0,3	3,30	7,6
00952	"	"	sacch	1,9	5,2	0,067	0,5	0,3	3,29	7,3
00953	"	"	ausged	1,9	4,4	0,050	0,4	0,3	3,26	6,7
00954	"	"	UO	2,6	6,0	0,080	0,6	0,3	3,23	8,7
00955	"	"	VD	2,4	5,8	0,081	0,7	0,3	3,27	7,6
00956	"	"	SK	1,8	5,8	0,095	0,5	0,4	3,28	7,8
00957	"	"	KÜZ	2,2	6,1	0,082	0,5	0,3	3,25	8,4
00962	Riesling	FAG	unbeh	1,7	4,3	0,078	0,3	0,2	3,36	6,0
00964	"	"	SK	1,3	6,1	0,159	0,4	0,3	3,37	7,5
00965	"	"	SK	1,2	6,3	0,156	0,4	0,3	3,34	7,6
		Mosel-Saar-Ruwer								
00975	Riesling	"	unbeh	4,0	5,1	0,056	0,3	0,2	3,13	7,6
00977	"	"	sacch	3,8	5,2	0,055	0,5	0,3	3,13	8,7
00979	"	"	VD	3,9	5,5	0,068	0,7	0,0	3,22	7,7
00976	"	"	unbeh	2,7	4,9	0,050	0,3	0,3	3,36	6,9
00978	"	"	sacch	2,7	4,8	0,050	0,5	0,2	3,37	6,8
00980	"	"	VD	2,9	5,8	0,058	0,4	0,3	3,28	8,7
00435a	Spätburgunder	ME Pfalz	sacch	2,1	4,8	0,011	0,8	0,1	3,75	5,4
00435b	"	"	sacch	2,0	4,9	0,011	0,8	0,1	3,71	5,3
00436a	"	"	UO+sacch	2,1	5,1	0,011	0,8	0,1	3,75	5,5
00436b	"	"	UO+sacch	2,2	5,2	0,011	0,8	0,1	3,73	5,6
00437a	"	"	UO	2,1	5,6	0,013	1,0	0,1	3,78	6,1
00437b	"	"	UO	2,2	5,8	0,013	1,0	0,1	3,78	6,1
00439a	"	"	UO	2,0	5,6	0,013	1,2	0,2	3,85	6,1
00439b	"	"	UO	2,0	5,6	0,014	1,2	0,2	3,83	6,1
	Cabernet Sauvignon									
00442a	MG	Pfalz	sacch	1,2	4,6	0,095	0,6	0,2	3,73	5,4
00442b	"	"	sacch	1,2	4,5	0,095	0,5	0,2	3,71	5,3
00443a	"	"	SA	1,1	4,6	0,105	0,6	0,2	3,75	5,4
00443b	"	"	SA	1,2	4,6	0,099	0,6	0,2	3,76	5,6
00444a	"	"	UO	1,2	5,5	0,118	0,7	0,2	3,75	6,1
00444b	"	"	UO	1,2	5,5	0,113	0,7	0,2	3,76	6,2
00401a	Regent	MG SLFA	ausged	1,7	3,5	0,016	0,2	0,3	3,85	4,5
00401b	"	"	ausged	1,6	3,4	0,015	0,2	0,3	3,86	4,5
00402a	"	"	sacch	1,7	3,5	0,017	0,3	0,3	3,89	4,4
00402b	"	"	sacch	1,7	3,3	0,015	0,2	0,3	3,88	4,4
00403a	"	"	SA	1,6	3,4	0,016	0,2	0,3	3,89	4,3
00403b	"	"	SA	1,7	3,5	0,019	0,2	0,3	3,88	4,3
00404a	"	"	UO	1,8	4,3	0,023	0,3	0,4	3,94	4,7
00404b	"	"	UO	1,8	4,1	0,019	0,3	0,3	3,91	4,7
00405a	"	"	VD	1,7	4,0	0,019	0,3	0,3	3,91	4,6
00405b	"	"	VD	1,8	4,0	0,020	0,3	0,3	3,92	4,6
00440a	Merlot	MG Pfalz	sacch	1,6	2,5	0,050	0,2	0,2	3,62	4,9
00440b	"	"	sacch	1,5	2,5	0,044	0,4	0,2	3,60	5,0
00441a	"	"	UO	1,4	2,6	0,041	0,4	0,2	3,61	5,3
00441b	"	"	UO	1,5	2,8	0,043	0,4	0,2	3,61	5,3

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre.+Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
00428a	Spätburgunder	MG SLFA	sacch	1,1	3,7	0,011	0,4	0,4	3,71	5,1
00428b	"	"	sacch	1,1	3,7	0,011	0,4	0,4	3,78	5,2
00429a	"	"	SA	1,1	3,7	0,011	0,4	0,3	3,68	5,3
00429b	"	"	SA	1,1	3,7	0,012	0,4	0,4	3,59	5,2
00430a	"	"	UO	1,1	4,3	0,012	0,4	0,3	3,69	5,4
00430b	"	"	UO	1,1	4,2	0,011	0,4	0,3	3,76	5,4
00431a	"	"	VD	1,1	4,7	0,012	0,6	0,4	3,65	5,4
00431b	"	"	VD	1,1	4,7	0,012	0,7	0,4	3,69	5,6
00406a	Dornfelder	MG SLFA	sacch	2,3	3,1	0,068	0,2	0,2	3,49	5,2
00406b	"	"	sacch	2,2	3,1	0,069	0,3	0,2	3,52	5,1
00408a	"	"	UO	2,1	3,9	0,088	0,3	0,3	3,58	5,5
00408b	"	"	UO	2,2	4,0	0,091	0,4	0,3	3,53	5,6
00409a	"	"	SA	1,9	3,2	0,075	0,4	0,3	3,57	5,2
00409b	"	"	SA	1,9	3,0	0,073	0,6	0,2	3,63	5,3
00450a	Riesling	SLFA	sacch	2,4	4,2	0,071	0,9	0,5	3,22	8,3
00450b	"	"	sacch	2,3	4,3	0,074	0,6	0,4	3,29	8,4
00451a	"	"	UO+sacch	2,4	4,7	0,079	0,5	0,5	3,30	9,0
00451b	"	"	UO+sacch	2,4	4,9	0,080	0,7	0,5	3,31	9,0
00452a	"	"	UO	2,4	5,2	0,087	0,7	0,5	3,30	9,5
00452b	"	"	UO	2,5	5,5	0,084	0,6	0,5	3,39	9,6
00432a	Muskateller	SLFA	sacch	2,2	4,7	0,005	0,6	0,3	3,34	7,6
00432b	"	"	sacch	2,4	0,0	0,006	0,8	0,3	3,36	8,4
00433a	"	"	VD	2,4	5,1	0,007	0,4	0,4	3,37	9,3
00433b	"	"	VD	2,2	0,0	0,006	0,5	0,4	3,44	8,7
00434a	"	"	UO	2,0	0,0	0,008	0,7	0,4	3,46	9,5
00434b	"	"	UO	2,0	0,0	0,007	0,6	0,5	3,46	9,4
00445a	Weißburgunder	SLFA	sacch	2,3	4,4	0,010	0,6	0,5	3,47	7,7
00445b	"	"	sacch	2,4	4,4	0,009	0,7	0,5	3,47	7,7
00446a	"	"	Rückv	2,4	5,3	0,012	0,6	0,7	3,49	8,9
00446b	"	"	Rückv	2,4	5,3	0,012	0,7	0,7	3,48	9,0
00447a	"	"	UO	2,3	5,1	0,011	0,6	0,7	3,49	8,6
00447b	"	"	UO	2,4	5,1	0,011	0,6	0,7	3,51	8,7
	Cabernet									
00423a	Sauvignon	MG Pfalz	sacch	2,4	5,7	0,106	0,0	0,5	3,45	6,3
00423b	"	"	sacch	2,4	5,5	0,104	0,0	0,3	3,48	6,4
00425a	"	"	SA	2,5	4,9	0,094	0,0	0,2	3,45	6,2
00425b	"	"	SA	2,4	5,1	0,096	0,0	0,2	3,47	6,3
00426a	"	"	UO	2,3	5,7	0,112	0,0	0,3	3,49	6,9
00426b	"	"	UO	2,4	5,8	0,112	0,0	0,3	3,48	6,8
	Cabernet									
00424a	Sauvignon	ME Pfalz	sacch						3,38	6,1
00424b	"	"	sacch						3,39	6,1
00427a	"	"	UO						3,59	6,6
00427b	"	"	UO						3,59	6,5
	Riesling	(10%								
00417	Botr.)	SLFA	sacch	2,9	4,2	0,069	0,5	0,4	3,30	6,6
	Riesling	(10%								
00418	Botr.)	"	UO	3,0	5,5	0,085	0,6	0,5	3,08	9,9

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
00419	Riesling (35% Botr.)	"	sacch	2,3	4,2	0,067	0,9	2,5	3,21	9,5
00420	Riesling (35% Botr.)	"	UO	2,5	4,6	0,070	0,5	1,1	3,06	9,3
00421	Riesling (95% Botr.)	"	sacch	2,2	3,8	0,061	0,9	2,1	3,20	9,0
00422	Riesling (95% Botr.)	"	UO	2,3	3,9	0,067	1,2	4,1	3,32	9,1
01900	Müller-Thurgau	Franken	unbeh	2,5	4,5	0,039	0,4	0,1	3,19	7,0
01901	"	"	sacch	2,2	3,8	0,035	0,6	0,2	3,14	6,5
01902	"	"	SK	1,5	6,0	0,070	0,5	0,2	3,23	7,5
01903	Bacchus	Franken	unbeh	2,3	4,4	0,042	0,4	0,1	3,18	6,2
01904	"	"	sacch	1,6	3,9	0,042	0,6	0,1	3,22	5,6
01905	"	"	SK	1,8	5,8	0,071	0,4	0,2	3,30	7,1
01906	Frühburgunder MG	FAG	sacch	1,4	3,5	0,008	0,4	0,4	3,76	5,6
01907	"	"	ausged	1,4	3,7	0,009	0,4	0,5	3,80	5,6
01909	"	"	UO	1,6	3,9	0,009	0,6	0,5	3,75	5,9
01910	Müller-Thurgau	FAG	unbeh	2,0	3,1	0,053	0,3	0,2	3,30	5,0
01911	"	"	sacch	2,1	3,4	0,059	0,5	0,2	3,32	5,8
01912	"	"	ausged	2,1	3,8	0,049	0,5	0,2	3,42	5,9
01913	"	"	UO	2,1	4,0	0,068	0,4	0,2	3,31	6,2
01914	"	"	KÜZ	2,0	4,2	0,074	0,5	0,2	3,38	6,4
01916	Portugieser ME	Nahe	unbeh	1,9	3,7	0,055	0,4	0,1	3,80	3,7
01917	"	"	sacch	1,7	3,9	0,056	0,4	0,3	3,58	5,2
01918	"	"	sacch	1,5	3,8	0,056	0,5	0,3	3,58	5,3
01919	"	"	ausged	1,6	3,8	0,051	0,4	0,2	3,64	4,8
01920	"	"	UO	1,5	4,7	0,076	0,4	0,3	3,72	4,5
01921	"	"	UO	1,4	5,1	0,084	0,5	0,2	3,79	4,5
01922	"	"	SA	1,8	3,7	0,053	0,4	0,3	3,51	5,5
01926	Riesling	FAG	unbeh	2,3	4,7	0,088	0,3	0,3	3,11	7,5
01927	"	"	sacch	2,0	4,6	0,089	0,5	0,3	3,11	7,3
01929	"	"	UO	2,3	5,4	0,105	0,6	0,3	3,09	8,5
01932	Spätburgunder MG	Pfalz	unbeh	1,0	4,8	0,013	0,3	0,4	3,46	6,2
01934	"	"	sacch	0,8	4,5	0,013	0,3	0,4	3,51	5,5
01936	"	"	ausged	1,1	3,7	0,012	0,3	0,4	3,43	6,2
01938	"	"	UO	1,0	4,7	0,013	0,3	0,5	3,45	6,5
01940	"	"	SA	0,8	4,2	0,012	0,3	0,4	3,53	5,9
01933	Spätburgunder MG	Pfalz	unbeh	2,1	4,9	0,013	0,5	0,0	3,49	5,5
01935	"	"	sacch	1,8	4,4	0,012	0,5	0,0	3,51	5,3
01937	"	"	ausged	1,9	3,7	0,013	0,6	0,0	3,48	5,3
01939	"	"	UO	1,9	4,7	0,013	0,6	0,0	3,58	5,6
01941	"	"	SA	1,8	4,3	0,013	0,6	0,0	3,56	5,2
01943	Riesling	FAG	unbeh	2,3	3,9	0,061	0,5	0,2	3,15	6,8
01945	"	"	UO	2,5	4,1	0,072	0,7	0,3	3,09	8,5
01947	Lemberger MG	Württemberg	unbeh	2,9	1,5	0,042	0,3	0,2	3,35	5,6
01949	"	"	sacch	2,8	1,6	0,045	0,3	0,3	3,25	5,8
01951	"	"	ausged	2,7	1,8	0,050	0,3	0,2	3,23	6,0
01953	"	"	UO	2,6	1,8	0,051	0,3	0,3	3,31	5,8

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
01955	"	"	SA	2,8	1,5	0,047	0,3	0,2	3,23	5,8
01948	"	"	unbeh	2,8	1,6	0,045	0,4	0,2	3,37	4,7
01950	"	"	sacch	2,8	1,7	0,052	0,5	0,2	3,36	4,9
01952	"	"	ausged	2,7	1,9	0,048	0,5	0,2	3,37	5,1
01954	"	"	UO	2,5	2,0	0,049	0,5	0,2	3,43	4,8
01956	"	"	SA	2,8	1,6	0,049	0,5	0,2	3,35	5,0
01407A	Weißburgunder	SLFA	sacch	4,1	3,6	0,014	0,4	0,3	3,06	8,3
01407B	"	"	sacch	4,2	3,6	0,013	0,5	0,3	3,02	8,3
01408A	"	"	UO	4,2	4,7	0,018	0,5	0,4	2,94	9,9
01408B	"	"	UO	4,5	4,7	0,018	0,5	0,4	2,96	10,2
01453A	Weißburgunder	SLFA	sacch	2,3	3,1	0,014	0,4	0,5	3,40	6,0
01453B	"	"	sacch	2,4	3,2	0,014	0,4	0,5	3,43	6,0
01454A	"	"	UO	2,4	3,6	0,016	0,4	0,6	3,44	6,8
01454B	"	"	UO	2,5	3,6	0,016	0,5	0,6	3,44	6,6
01410A	Riesling	SLFA	sacch	5,4	4,0	0,062	0,6	0,3	2,91	10,4
01410B	"	"	sacch	5,7	4,0	0,062	0,6	0,3	2,82	10,5
01411A	"	"	UO	6,6	5,5	0,085	0,6	0,3	2,73	13,3
01411B	"	"	UO	6,5	5,5	0,085	0,6	0,3	2,73	13,1
01444A	Riesling	SLFA	sacch	4,3	3,2	0,056	0,6	0,1	2,91	8,9
01444B	"	"	sacch	4,2	3,2	0,053	0,6	0,1	2,89	8,8
01445A	"	"	UO	4,6	3,8	0,099	0,6	0,4	2,86	9,8
01416A	Sauvignon blanc	Pfalz	sacch	3,4	3,9	0,048	0,7	0,5	3,54	6,6
01416B	"	"	sacch	3,5	3,7	0,049	0,7	0,4	3,55	6,7
01417A	"	"	UO	3,5	4,1	0,055	0,7	0,5	3,52	7,2
01417B	"	"	UO	3,6	4,1	0,055	0,8	0,4	3,53	7,2
01437A	Chardonnay	Pfalz	sacch	3,0	4,2	0,041	0,6	0,4	3,13	8,3
01437B	"	"	sacch	3,1	4,2	0,041	0,6	0,3	3,10	8,3
01438A	"	"	UO	3,3	4,8	0,063	0,5	0,4	3,14	9,2
01438B	"	"	UO	3,3	4,8	0,064	0,5	0,4	3,14	9,1
01439A	"	"	SL	2,3	4,6	0,026	0,8	0,6	3,45	8,2
01439B	"	"	SL	2,4	4,6	0,027	0,8	0,6	3,45	8,2
01435A	Gewürztraminer	Pfalz	sacch	1,9	2,6	0,031	0,7	0,3	3,61	5,2
01435B	"	"	sacch	2,0	2,6	0,033	0,8	0,3	3,60	5,2
01436A	"	"	UO	2,4	3,1	0,042	0,9	0,4	3,61	6,3
01436B	"	"	UO	2,2	3,2	0,042	0,9	0,4	3,63	6,4
01413A	Portugieser MG	SLFA	sacch	1,8	2,9	0,039	0,3	0,0	3,66	3,9
01413B	"	"	sacch	1,7	3,0	0,042	0,4	0,0	3,64	4,0
01414A	"	"	SA	1,7	3,1	0,045	0,4	0,0	3,64	4,0
01414B	"	"	SA	1,6	3,2	0,044	0,4	0,0	3,63	4,1
01415A	"	"	UO	1,7	3,6	0,050	0,5	0,0	3,67	4,0
01415B	"	"	UO	1,7	3,6	0,050	0,5	0,0	3,66	4,1
01420A	Dornfelder MG	Pfalz	sacch	2,1	2,3	0,074	0,4	0,3	3,75	4,4
01420B	"	"	sacch	2,4	3,0	0,072	0,4	0,3	3,53	4,9
01421A	"	"	SA	2,3	2,6	0,072	0,4	0,2	3,60	4,6
01421B	"	"	SA	2,3	2,4	0,077	0,4	0,2	3,64	4,5
01422A	"	"	UO	1,9	2,9	0,089	0,4	0,3	3,67	4,5
01422B	"	"	UO	1,9	3,0	0,084	0,4	0,2	3,67	4,4

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
01423A	Dornfelder ME	Pfalz	sacch	2,5	3,4	0,052	0,3	0,1	3,51	4,5
01423B	"	"	sacch	2,4	3,2	0,047	0,4	0,0	3,52	4,5
01424A	"	"	UO	2,4	3,5	0,057	0,4	0,1	3,53	4,3
01424B	"	"	UO	2,5	3,6	0,058	0,4	0,5	3,53	4,3
01427A	Spätburgunder MG	Pfalz	sacch	1,8	4,4	0,017	0,6	0,3	3,56	5,4
01427B	"	"	sacch	1,8	4,3	0,017	0,6	0,3	3,53	5,3
01428A	"	"	SA	1,6	4,6	0,017	0,5	0,3	3,63	5,2
01428B	"	"	SA	1,7	4,6	0,017	0,5	0,4	3,58	5,1
01429A	"	"	UO	1,7	5,2	0,020	0,5	0,2	3,58	5,5
01429B	"	"	UO	1,6	5,3	0,020	0,5	0,2	3,67	5,5
01430A	"	"								
(01428C)	"	"	getr	1,4	5,8	0,021	0,5	0,2	3,66	5,9
01430B	"	"								
(01428D)	"	"	getr	1,4	5,8	0,021	0,5	0,2	3,66	6,0
01429C	"	"	SL	1,6	4,3	0,013	0,5	0,4	3,72	4,6
01429D	"	"	SL	1,6	4,3	0,013	0,6	0,3	3,70	4,9
01432A	Spätburgunder MG	Pfalz	sacch	1,4	4,2	0,023	0,6	0,4	3,82	4,7
01432B	"	"	sacch	1,4	4,2	0,022	0,6	0,3	3,81	4,8
01433A	"	"	SA	1,3	4,3	0,024	0,6	0,3	3,87	4,6
01433B	"	"	SA	1,3	4,2	0,023	0,6	0,2	3,87	4,6
01434A	"	"	UO	1,3	4,9	0,026	0,7	0,3	3,88	4,8
01434B	"	"	UO	1,2	5,1	0,026	0,7	0,3	3,86	5,0
01401A	Spätburgunder MG	SLFA	sacch	1,3	3,4	0,012	0,5	0,0	3,84	4,6
01401B	"	"	sacch	1,3	3,4	0,012	0,5	0,0	3,81	4,7
01402A	"	"	SA	1,2	3,3	0,012	0,6	0,0	3,91	4,6
01402B	"	"	SA	1,2	3,1	0,012	0,6	0,0	3,88	4,5
01403A	"	"	ausged	1,2	3,3	0,012	0,6	0,0	3,85	4,6
01403B	"	"	ausged	1,2	3,4	0,013	0,6	0,0	3,88	4,7
01406A	"	"	UO	1,1	3,9	0,011	0,7	0,0	3,90	4,8
01406B	"	"	UO	1,1	3,9	0,010	0,7	0,0	3,90	4,8
01446A	Spätburgunder MG	Pfalz	sacch	1,4	4,5	0,023	0,8	0,2	3,63	5,3
01446B	"	"	sacch	1,6	4,5	0,022	0,8	0,2	3,64	5,5
01447A	"	"	SA	1,5	4,6	0,023	0,8	0,2	3,68	5,3
01447B	"	"	SA	1,5	4,7	0,023	0,8	0,2	3,69	5,3
01448A	"	"	UO	1,4	5,5	0,023	0,9	0,2	3,68	5,8
01448B	"	"	UO	1,5	5,3	0,023	0,8	0,2	3,68	6,0
01449A	"	"								
(01448C)	"	"	getr	1,5	5,3	0,017	0,8	0,2	3,61	6,1
01449B	"	"								
(01448D)	"	"	getr	1,6	5,3	0,017	0,9	0,2	3,60	6,2
01440A	Merlot MG	Pfalz	sacch	1,9	2,8	0,125	0,5	0,1	3,32	6,0
01440B	"	"	sacch	2,0	2,8	0,127	0,5	0,2	3,33	6,0
01441A	"	"	SA	2,0	2,9	0,127	0,4	0,1	3,34	5,9
01441B	"	"	SA	2,0	2,8	0,123	0,5	0,1	3,35	5,8
01442A	"	"	UO	2,0	3,0	0,116	0,5	0,1	3,38	6,2
01442B	"	"	UO	1,9	2,9	0,118	0,5	0,2	3,37	6,1
01v443A	"	"	getr	2,3	1,8	0,050	0,5	0,2	3,29	5,7
01443B	"	"	getr	2,3	1,8	0,049	0,5	0,2	3,28	5,7

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Wein-sre. g/L	Äpfelsre. +Milchsre. g/L	Shikimi-sre. g/L	Essig-sre. g/L	Zitronen-sre. g/L	pH	titrierb. Sre. g/L
	Cabernet									
01450A	Sauvignon MG	Pfalz	sacch	1,9	3,1	0,069	0,3	0,3	3,62	5,1
01450B	"	"	sacch	2,0	3,1	0,067	0,3	0,3	3,60	5,0
01451A	"	"	SA	1,9	3,2	0,066	0,4	0,3	3,64	4,8
01451B	"	"	SA	1,7	3,3	0,063	0,4	0,3	3,65	4,9
01452A	"	"	UO	1,9	3,4	0,066	0,4	0,2	3,70	5,0
01452B	"	"	UO	1,8	3,4	0,067	0,4	0,2	3,69	5,0

Wein-Nr.: Rebsorte	Herkunft	Variante	Rest-extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH-Gehalt g/L	EtOH-Gehalt % vol	Rest-zucker g/L	
99900	Müller-Thurgau	Rheinhessen	unbeh	15,7	7,4	78,8	9,98	8,7
99900a	"	"	unbeh	15,5	7,5	77,5	9,82	8,6
99901	"	"	sacch	15,7	7,6	93,8	11,88	9,1
99901a	"	"	sacch	14,9	7,5	92,6	11,73	9,2
99902	"	"	UO	16,5	6,8	94,8	12,01	8,9
99902a	"	"	UO	16,2	6,8	93,9	11,89	9,0
99903	"	"	VD	15,8	7,0	89,1	11,29	8,9
99903a	"	"	VD	15,7	7,0	89,0	11,27	8,8
99904	Portugieser ME	Pfalz	unbeh	16,7	5,9	74,1	9,39	0,9
99904a	"	"	unbeh	16,9	5,9	73,7	9,34	0,9
99905	"	"	sacch	16,0	6,2	89,0	11,27	1,1
99905a	"	"	sacch	14,4	6,0	85,0	10,77	1,1
99906	"	"	UO	18,0	6,0	90,2	11,43	1,3
99906a	"	"	UO	18,2	5,9	90,2	11,43	1,3
99907	"	"	VD	16,9	5,6	86,1	10,91	1,2
99907a	"	"	VD	16,3	5,7	86,3	10,93	1,8
99908	Dornfelder MG	Pfalz	unbeh	20,9	7,8	81,4	10,31	1,2
99909	"	"	sacch	21,7	9,2	98,5	12,47	1,4
99910	"	"	UO	21,9	10,1	102,3	12,96	1,3
99911	"	"	VD	22,0	8,9	91,5	11,60	1,4
99912	Grauburgunder	Baden	unbeh	19,6	8,5	104,8	13,28	0,5
99912a	"	"	unbeh	20,0	8,6	105,1	13,32	0,6
99913	"	"	sacch	19,4	9,3	124,5	15,77	1,1
99913a	"	"	sacch	18,0	8,9	120,0	15,21	1,0
99914	"	"	UO	21,3	9,5	121,4	15,38	1,0
99914a	"	"	UO	20,9	9,5	121,1	15,34	1,1
99915	"	"	VD	20,5	10,3	119,6	15,15	1,1
99915a	"	"	VD	21,4	10,8	122,6	15,53	0,9
99916	"	"	SK	19,0	8,2	125,7	15,92	1,7
99916a	"	"	SK	19,4	8,5	126,1	15,97	1,8
99917	Spätburgunder MG	FAG	unbeh	16,1	5,8	91,7	11,61	1,8
99917a	"	"	unbeh	16,3	5,6	90,1	11,42	1,1
99918	"	"	sacch	15,3	6,8	105,1	13,32	1,7
99918a	"	"	sacch	14,7	6,8	103,4	13,10	1,7
99919	"	"	UO	15,5	6,4	100,8	12,77	2,2
99919a	"	"	UO	16,6	6,5	104,8	13,27	2,2
99920	"	"	VD	16,6	6,4	104,0	13,17	2,2
99920a	"	"	VD	16,7	6,4	104,0	13,17	2,2
99921	"	"	SK	15,1	7,0	108,3	13,72	2,3
99921a	"	"	SK	17,8	6,8	111,0	14,06	0,4
99922	Riesling	FAG	ausged	15,0	7,7	93,9	11,89	0,6
99922a	"	"	ausged	14,6	7,2	92,7	11,74	0,6
99923	"	"	unbeh	13,3	6,5	85,7	10,86	0,5
99923a	"	"	unbeh	12,7	6,4	85,8	10,87	0,5
99924	"	"	sacch	13,5	7,1	97,2	12,31	0,5
99924a	"	"	sacch	12,9	6,8	96,3	12,20	0,5
99925	"	"	UO	14,4	7,2	92,9	11,77	0,4

Wein-Nr.: Rebsorte		Herkunft	Variante	Rest- extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH- Gehalt g/L	EtOH- Gehalt % vol	Rest- zucker g/L
99925a	"	"	UO	14,6	7,4	93,8	11,88	0,5
99926	"	"	VD	14,3	7,5	98,9	12,53	0,5
99926a	"	"	VD	14,7	7,5	99,5	12,87	0,5
99927	"	"	SK	16,3	7,1	96,3	12,20	0,4
99927a	"	"	SK	16,2	7,1	95,8	12,13	0,5
99802	Riesling	Pfalz	sacch	12,2	5,5	100,3	12,7	6,16
99803	"	"	UO	12,5	6,5	110,9	14,0	0,63
99801	"	"	VD	13,2	6,5	111,4	14,1	7,92
99928	Gewürztraminer	Pfalz	unbeh	14,8	6,0	86,3	10,93	0,6
99928a	"	"	unbeh	14,5	6,0	87,5	11,08	1,1
99929	"	"	sacch	15,4	6,5	95,9	12,15	0,7
99929a	"	"	sacch	16,2	6,8	99,8	12,64	0,8
99930	"	"	UO	17,1	6,8	96,4	12,21	0,8
99930a	"	"	UO	17,4	6,8	97,2	12,31	0,7
99931	"	"	VD	18,7	7,5	104,9	13,29	1,0
99931a	"	"	VD	18,5	7,4	104,0	13,17	2,0
99938	Weißburgunder	Pfalz	unbeh	18,1	8,8	90,5	11,46	0,8
99938a	"	"	unbeh	18,0	8,9	89,4	11,32	0,9
99939	"	"	sacch	17,3	9,9	95,5	12,10	1,0
99939a	"	"	sacch	17,8	9,7	95,6	12,11	1,0
99940	"	"	UO	19,6	9,6	103,2	13,07	1,2
99940a	"	"	UO	20,0	9,7	101,8	12,89	1,0
99941	"	"	VD	20,2	10,3	96,7	12,25	2,9
99941a	"	"	VD	19,6	10,3	96,1	12,17	2,7
99942	Riesling	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh	14,5	7,2	63,5	8,04	0,5
99942a	"	"	unbeh	14,1	6,5	66,3	8,40	0,5
99943	"	"	sacch	14,5	7,6	91,0	11,53	0,9
99943a	"	"	sacch	15,1	7,8	92,5	11,72	1,2
99944	"	"	UO	16,0	7,7	84,6	10,72	0,7
99944a	"	"	UO	15,9	7,6	85,5	10,83	0,7
99946a	"	"	SK	14,0	6,2	87,9	11,13	0,5
99947	Riesling	SLVA Trier	unbeh	12,9	5,7	75,5	9,56	0,7
99947a	"	"	unbeh	11,6	6,0	73,3	9,28	0,7
99948	"	"	sacch	12,7	6,8	97,5	12,35	0,8
99948a	"	"	sacch	13,3	6,7	95,9	12,15	0,8
99949	"	"	UO	14,0	7,1	90,1	11,41	0,9
99949a	"	"	UO	13,8	6,9	90,4	11,45	1,0
99950	"	"	VD	13,7	6,2	88,6	11,22	0,9
99950a	"	"	VD	15,6	6,5	91,1	11,5	0,2
99951	"	"	SK	13,6	5,8	90,8	11,5	1,5
99951a	"	"	SK	12,7	5,8	90,8	11,5	1,5
99952	Silvaner	LdsA Veitshöchheim	unbeh	14,2	5,0	79,2	10,03	5,4
99952a	"	"	unbeh	13,7	4,8	77,3	9,79	5,1
99953	"	"	sacch	13,8	6,0	98,3	12,45	5,8
99953a	"	"	sacch	13,8	5,8	97,2	12,31	5,5
99954	"	"	UO	15,7	6,5	96,8	12,26	5,7
99954a	"	"	UO	15,7	6,0	93,1	11,79	5,5

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Rest- extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH- Gehalt g/L	EtOH- Gehalt % vol	Rest- zucker g/L
99955	"	"	VD	14,2	5,5	90,6	11,48	4,9
99955a	"	"	VD	14,7	5,6	93,0	11,78	4,8
99956	"	"	SK	14,3	5,1	93,1	11,79	4,3
99968	Spätburgunder MG	Pfalz	unbeh	14,2	6,1	85,5	10,83	0,5
99971	"	"	VD	24,9	9,8	108,1	13,69	1,1
99973	Riesling	Württemberg	unbeh	12,9	5,6	91,2	11,55	4,1
99973a	"	"	unbeh	13,0	5,5	91,0	11,53	4,0
99974	"	"	sacch	12,7	6,0	103,6	13,12	4,5
99975	"	"	UO	13,0	5,7	101,9	12,91	4,0
99975a	"	"	UO	12,5	5,5	100,6	12,74	4,2
99976	"	"	VD	13,0	6,2	93,8	11,88	4,3
99976a	"	"	VD	12,4	6,1	93,6	11,86	4,2
00901	Müller-Thurgau	FAG	unbeh	11,8	5,0	82,5	10,45	7,9
00902	"	"	sacch	12,2	5,8	99,5	12,61	8,2
00904	"	"	UO	13,2	6,0	95,4	12,08	7,8
00905	"	"	VD	14,1	6,1	99,2	12,57	8,0
00906	"	"	SK	14,8	7,0	100,7	12,76	7,0
00912	Portugieser ME	Nahe	unbeh	14,8	6,3	55,9	7,09	0,5
00913	"	"	sacch	14,3	6,6	76,5	9,69	0,6
00914	"	"	VD	17,1	7,0	70,7	8,95	0,6
00915	"	"	Rückv	16,4	6,9	68,1	8,63	0,5
00916	Spätburgunder ME	FAG	unbeh	18,9	5,7	90,0	11,41	0,7
00917	"	"	sacch	18,7	6,3	106,1	13,44	0,7
00919	"	"	UO	21,3	6,7	102,3	12,96	0,9
00920	"	"	VD	21,8	6,9	103,4	13,09	0,9
00923	"	"	KÜZ	19,2	6,2	105,4	13,35	0,8
00927	Weißburgunder	FAG	unbeh	17,9	7,9	90,5	11,46	0,5
00928	"	"	sacch	18,5	9,1	110,4	13,98	0,5
00929	"	"	VD	20,5	9,7	105,6	13,38	0,6
00930	"	"	Rückv	20,9	9,6	106,6	13,51	0,6
00931	Lemberger MG	Württemberg	unbeh	15,0	4,9	83,1	10,52	4,3
00932	"	"	sacch	15,4	5,6	102,7	13,01	4,4
00933	"	"	ausged	14,8	6,0	100,3	12,71	4,4
00934	"	"	UO	16,3	5,7	96,7	12,25	3,9
00935	"	"	VD	17,2	5,9	97,9	12,40	3,8
00936	"	"	SK	14,2	5,8	103,6	13,12	4,4
00937	"	"	SA	14,9	5,7	99,9	12,65	4,5
00941	Riesling	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh	15,5	5,1	60,3	7,63	0,6
00942	"	"	sacch	14,5	5,4	77,7	9,84	0,6
00943	"	"	UO	17,1	5,9	75,2	9,52	0,7
00944	"	"	VD	17,1	6,4	74,5	9,43	0,7
00945	"	"	SK	17,2	6,2	75,1	9,51	0,8
00946	Spätburgunder MG	Ahr	unbeh	20,6	10,3	78,3	9,92	0,0
00947	"	"	sacch	22,2	11,9	92,6	11,73	0,6
00948	"	"	UO	25,4	12,0	92,3	11,69	0,7
00949	"	"	VD	25,7	12,1	92,4	11,70	0,7
00950	"	"	SA	22,7	11,8	91,4	11,58	0,6

Wein-Nr.: Rebsorte		Herkunft	Variante	Rest- extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH- Gehalt g/L	EtOH- Gehalt % vol	Rest- zucker g/L
00951	Riesling	FAG	unbeh	17,3	5,2	83,3	10,55	9,0
00952	"	"	sacch	17,6	6,1	99,4	12,59	12,8
00953	"	"	ausged	18,6	6,7	98,9	12,53	9,1
00954	"	"	UO	19,8	6,4	92,6	11,73	10,1
00955	"	"	VD	19,3	7,0	93,9	11,90	9,5
00956	"	"	SK	19,9	6,8	102,6	12,99	9,0
00957	"	"	KÜZ	19,9	6,3	94,7	11,99	9,2
00962	Riesling	FAG	unbeh	14,8	4,7	82,6	10,46	0,6
00964	"	"	SK	16,7	6,0	96,4	12,21	2,0
00965	"	"	SK	18,8	6,4	104,7	13,26	1,3
00975	Riesling	Mosel-Saar-Ruwer	unbeh	16,6	5,2	74,5	9,44	5,7
00977	"	"	sacch	16,3	5,8	89,6	11,35	5,5
00979	"	"	VD	18,2	5,9	84,8	10,74	5,2
00976	"	"	unbeh	21,1	6,8	78,3	9,91	3,0
00978	"	"	sacch	22,0	7,4	96,0	12,16	3,2
00980	"	"	VD	27,8	8,9	92,3	11,68	0,4
00435a	Spätburgunder ME	Pfalz	sacch	23,3	8,1	114,1	14,45	0,9
00435b	"	"	sacch	23,2	8,2	113,8	14,41	0,9
00436a	"	"	UO+sacch	24,6	8,0	106,4	13,47	1,0
00436b	"	"	UO+sacch	24,8	8,1	107,2	13,57	1,0
00437a	"	"	UO	27,7	8,8	108,6	13,76	1,4
00437b	"	"	UO	27,4	8,8	108,1	13,69	1,4
00439a	"	"	UO	30,3	9,0	114,0	14,44	0,0
00439b	"	"	UO	28,8	8,9	112,3	14,22	1,4
	Cabernet Sauvignon			19,1	9,8	93,8	11,88	0,6
00442a	MG	Pfalz	sacch					
00442b	"	"	sacch	22,4	11,0	103,5	13,10	0,7
00443a	"	"	SA	21,1	9,9	96,9	12,27	0,6
00443b	"	"	SA	19,8	10,2	93,0	11,78	0,7
00444a	"	"	UO	22,4	9,5	86,5	10,96	0,9
00444b	"	"	UO	23,3	9,3	87,5	11,09	0,8
00401a	Regent MG	SLFA	ausged	23,8	11,9	103,5	13,10	0,6
00401b	"	"	ausged	23,2	11,9	103,4	13,09	0,7
00402a	"	"	sacch	23,8	11,5	98,9	12,52	0,6
00402b	"	"	sacch	24,2	12,0	99,1	12,56	0,6
00403a	"	"	SA	25,1	12,0	99,0	12,54	0,5
00403b	"	"	SA	25,5	12,0	99,8	12,64	0,5
00404a	"	"	UO	28,7	12,1	101,3	12,83	0,6
00404b	"	"	UO	28,0	12,1	101,1	12,80	0,6
00405a	"	"	VD	27,1	12,0	97,4	12,34	0,6
00405b	"	"	VD	31,6	13,7	109,3	13,85	0,7
00440a	Merlot MG	Pfalz	sacch	20,3	7,9	98,8	12,52	0,5
00440b	"	"	sacch	19,7	8,4	100,2	12,69	0,9
00441a	"	"	UO	20,6	7,9	92,9	11,76	0,6
00441b	"	"	UO	21,1	7,8	94,2	11,94	0,7
00428a	Spätburgunder MG	SLFA	sacch	19,4	9,8	117,1	14,83	1,0
00428b	"	"	sacch	19,1	9,6	116,1	14,70	0,9
00429a	"	"	SA	18,9	10,1	111,2	14,09	0,6

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Rest- extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH- Gehalt g/L	EtOH- Gehalt % vol	Rest- zucker g/L
00429b	"	"	SA	20,8	10,2	113,8	14,42	0,5
00430a	"	"	UO	20,4	9,2	107,2	13,58	1,2
00430b	"	"	UO	22,2	9,2	109,3	13,85	0,6
00431a	"	"	VD	21,7	9,5	109,1	13,82	0,6
00431b	"	"	VD	21,0	9,6	107,0	13,56	0,7
00406a	Dornfelder MG	SLFA	sacch	16,9	6,9	74,8	9,47	0,8
00406b	"	"	sacch	14,1	6,9	70,8	8,97	0,9
00408a	"	"	UO	17,9	7,0	71,0	9,00	1,0
00408b	"	"	UO	15,6	7,2	66,4	8,41	1,0
00409a	"	"	SA	18,4	7,1	82,4	10,44	0,8
00409b	"	"	SA	18,1	7,0	81,0	10,26	0,8
00450a	Riesling	SLFA	sacch	21,2	8,9	110,5	13,99	1,1
00450b	"	"	sacch	21,1	8,8	111,8	14,16	0,9
00451a	"	"	UO+sacch	22,2	9,2	109,7	13,90	0,9
00451b	"	"	UO+sacch	21,6	9,0	107,6	13,63	1,0
00452a	"	"	UO	22,7	9,1	106,0	13,42	0,9
00452b	"	"	UO	22,4	9,0	104,6	13,25	0,9
00432a	Muskateller	SLFA	sacch	13,8	5,7	103,8	13,15	0,8
00432b	"	"	sacch	16,1	8,1	101,9	12,91	3,3
00433a	"	"	VD	15,1	7,4	92,6	11,73	1,0
00433b	"	"	VD	14,0	5,9	95,5	12,10	1,0
00434a	"	"	UO	14,2	6,3	94,1	11,92	1,7
00434b	"	"	UO	13,5	5,9	90,6	11,47	1,1
00445a	Weißburgunder	SLFA	sacch	21,5	10,4	112,6	14,26	1,0
00445b	"	"	sacch	19,9	10,2	111,7	14,15	2,3
00446a	"	"	Rückv	23,9	11,1	114,2	14,47	2,1
00446b	"	"	Rückv	24,2	11,2	115,0	14,57	2,1
00447a	"	"	UO	23,8	11,1	117,0	14,82	1,7
00447b	"	"	UO	22,3	11,4	114,5	14,51	2,6
	Cabernet Sauvignon			21,2	10,6	99,0	12,54	0,0
00423a	MG	Pfalz	sacch					
00423b	"	"	sacch	20,7	10,2	99,1	12,55	0,5
00425a	"	"	SA	20,8	9,4	97,0	12,28	0,5
00425b	"	"	SA	20,6	10,6	96,9	12,27	0,7
00426a	"	"	UO	22,6	10,6	96,3	12,20	0,7
00426b	"	"	UO	22,7	10,4	96,2	12,19	0,6
	Cabernet Sauvignon			17,0	8,8	99,1	12,55	0,8
00424a	ME	Pfalz	sacch					
00424b	"	"	sacch	16,9	8,9	99,0	12,54	0,8
00427a	"	"	UO	22,4	9,6	103,7	13,14	1,3
00427b	"	"	UO	21,5	9,7	101,0	12,79	1,2
00417	Riesling (10% Botr.)	SLFA	sacch	15,1	5,9	97,7	12,37	19,9
00418	Riesling (10% Botr.)	"	UO	17,4	6,4	96,7	12,25	1,9
00419	Riesling (35% Botr.)	"	sacch	17,7	10,1	95,7	12,12	0,7
00420	Riesling (35% Botr.)	"	UO	25,7	8,5	100,4	12,71	0,6
00421	Riesling (95% Botr.)	"	sacch	28,1	10,5	99,1	12,55	0,7
00422	Riesling (95% Botr.)	"	UO	33,9	12,4	90,5	11,47	0,9
01900	Müller-Thurgau	Franken	unbeh	9,2	4,4	65,1	8,25	3,6

Wein-Nr.: Rebsorte		Herkunft	Variante	Rest- extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH- Gehalt g/L	EtOH- Gehalt % vol	Rest- zucker g/L
01901	"	"	sacch	7,5	5,5	88,7	11,24	3,5
01902	"	"	SK	10,2	5,6	88,8	11,25	3,6
01903	Bacchus	Franken	unbeh	8,3	4,0	61,2	7,75	5,4
01904	"	"	sacch	6,9	5,4	86,5	10,96	5,6
01905	"	"	SK	10,4	5,2	87,0	11,02	5,1
01906	Frühburgunder MG	FAG	sacch	19,3	9,1	100,2	12,69	1,1
01907	"	"	ausged	20,2	8,7	103,8	13,15	1,1
01909	"	"	UO	20,9	9,0	95,8	12,13	1,3
01910	Müller-Thurgau	FAG	unbeh	8,7	4,0	70,8	8,97	0,9
01911	"	"	sacch	9,7	5,5	96,5	12,22	1,2
01912	"	"	ausged	12,1	5,8	95,5	12,10	1,3
01913	"	"	UO	10,5	4,9	91,1	11,54	1,1
01914	"	"	KÜZ	11,0	5,3	94,4	11,96	2,4
01916	Portugieser ME	Nahe	unbeh	14,0	5,1	72,4	9,17	0,9
01917	"	"	sacch	13,7	5,8	89,7	11,36	1,4
01918	"	"	sacch	13,2	6,3	99,9	12,65	1,6
01919	"	"	ausged	13,5	5,1	89,8	11,37	1,5
01920	"	"	UO	16,3	5,7	89,3	11,31	1,3
01921	"	"	UO	17,1	6,0	98,1	12,43	2,9
01922	"	"	SA	11,9	5,4	86,5	10,96	1,6
01926	Riesling	FAG	unbeh	11,5	5,7	88,4	11,20	5,2
01927	"	"	sacch	10,9	6,4	101,6	12,87	6,2
01929	"	"	UO	12,4	6,7	104,1	13,19	5,6
01932	Spätburgunder MG	Pfalz	unbeh	15,8	7,3	84,6	10,72	0,6
01934	"	"	sacch	15,1	8,1	96,2	12,19	1,1
01936	"	"	ausged	15,3	8,5	97,0	12,29	1,7
01938	"	"	UO	17,2	8,3	93,2	11,81	1,3
01940	"	"	SA	16,0	8,1	95,9	12,15	1,2
01933	Spätburgunder MG	Pfalz	unbeh	16,2	7,1	85,9	10,88	0,2
01935	"	"	sacch	15,5	7,9	96,3	12,20	0,6
01937	"	"	ausged	15,3	8,2	95,1	12,05	0,7
01939	"	"	UO	17,2	8,1	93,0	11,78	0,4
01941	"	"	SA	16,5	8,1	96,3	12,20	0,4
01943	Riesling	FAG	unbeh	11,9	6,3	89,4	11,32	2,2
01945	"	"	UO	13,9	8,6	103,2	13,07	4,3
01947	Lemberger MG	Württemberg	unbeh	15,0	6,7	81,1	10,27	0,6
01949	"	"	sacch	15,5	7,7	92,4	11,70	0,9
01951	"	"	ausged	16,4	7,7	94,3	11,94	1,1
01953	"	"	UO	16,5	7,4	88,8	11,25	1,0
01955	"	"	SA	15,0	7,4	91,9	11,64	1,1
01948	"	"	unbeh	14,9	6,6	80,6	10,21	0,6
01950	"	"	sacch	15,7	7,6	92,8	11,75	0,7
01952	"	"	ausged	16,0	7,3	93,8	11,88	1,0
01954	"	"	UO	16,6	7,4	89,7	11,36	0,9
01956	"	"	SA	15,0	7,3	91,8	11,63	0,9
01407A	Weißburgunder	SLFA	sacch	12,8	7,9	112,4	14,24	5,3
01407B	"	"	sacch	12,6	7,9	111,9	14,17	4,4

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Rest- extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH- Gehalt g/L	EtOH- Gehalt % vol	Rest- zucker g/L
01408A	"	"	UO	13,2	7,6	108,5	13,74	5,6
01408B	"	"	UO	13,5	7,8	108,2	13,70	6,0
01453A	Weißburgunder	SLFA	sacch	15,6	7,5	111,7	14,15	11,8
01453B	"	"	sacch	15,8	7,4	110,8	14,03	12,2
01454A	"	"	UO	17,8	7,8	113,1	14,33	11,2
01454B	"	"	UO	17,6	7,6	111,0	14,06	13,4
01410A	Riesling	SLFA	sacch	9,2	7,7	97,4	12,34	7,9
01410B	"	"	sacch	10,7	7,6	99,7	12,63	7,3
01411A	"	"	UO	14,5	8,0	99,4	12,59	11,9
01411B	"	"	UO	13,5	7,6	98,0	12,41	11,4
01444A	Riesling	SLFA	sacch	12,7	8,1	105,0	13,30	2,5
01444B	"	"	sacch	12,6	8,0	106,6	13,51	1,1
01445A	"	"	UO	16,7	10,0	102,5	12,98	8,4
01416A	Sauvignon blanc	Pfalz	sacch	16,2	6,7	109,1	13,82	7,4
01416B	"	"	sacch	15,8	6,9	109,9	13,92	6,8
01417A	"	"	UO	17,2	7,1	108,6	13,75	7,1
01417B	"	"	UO	18,0	7,1	107,0	13,55	11,7
01437A	Chardonnay	Pfalz	sacch	14,2	7,8	103,7	13,13	0,0
01437B	"	"	sacch	14,1	7,8	103,5	13,10	0,0
01438A	"	"	UO	16,1	8,9	98,8	12,52	3,9
01438B	"	"	UO	19,0	8,8	99,3	12,58	2,9
01439A	"	"	SL	22,4	10,1	103,1	13,06	1,5
01439B	"	"	SL	22,2	10,2	102,7	13,00	1,1
01435A	Gewürztraminer	Pfalz	sacch	17,6	11,2	112,8	14,28	0,9
01435B	"	"	sacch	17,2	10,5	108,9	13,80	1,3
01436A	"	"	UO	21,9	12,1	109,7	13,89	2,8
01436B	"	"	UO	21,6	12,0	109,9	13,92	4,5
01413A	Portugieser MG	SLFA	sacch	13,7	8,7	84,1	10,66	0,5
01413B	"	"	sacch	14,4	8,6	85,5	10,83	0,5
01414A	"	"	SA	15,6	8,6	85,8	10,87	0,5
01414B	"	"	SA	15,8	8,7	85,7	10,86	0,5
01415A	"	"	UO	17,6	8,4	81,0	10,25	0,6
01415B	"	"	UO	17,3	8,3	81,0	10,25	0,6
01420A	Dornfelder MG	Pfalz	sacch	20,4	8,5	95,2	12,06	0,7
01420B	"	"	sacch	20,1	8,6	91,1	11,54	0,7
01421A	"	"	SA	21,8	8,5	90,7	11,49	0,7
01421B	"	"	SA	21,7	8,3	89,6	11,35	0,7
01422A	"	"	UO	21,1	9,0	94,4	11,96	0,8
01422B	"	"	UO	22,1	9,0	95,9	12,15	0,8
01423A	Dornfelder ME	Pfalz	sacch	14,1	7,3	102,3	12,96	0,6
01423B	"	"	sacch	15,3	8,5	104,5	13,24	0,6
01424A	"	"	UO	13,5	6,7	99,0	12,54	0,6
01424B	"	"	UO	14,2	6,6	100,2	12,69	0,6
01427A	Spätburgunder MG	Pfalz	sacch	17,2	8,3	94,3	11,94	1,0
01427B	"	"	sacch	17,2	8,4	94,2	11,93	0,9
01428A	"	"	SA	18,9	8,3	91,9	11,64	0,9
01428B	"	"	SA	18,4	8,3	91,6	11,60	0,9

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Rest- extrakt g/L	Glycerin g/L	EtOH- Gehalt g/L	EtOH- Gehalt % vol	Rest- zucker g/L
01429A	"	"	UO	19,3	9,1	97,2	12,31	1,2
01429B	"	"	UO	20,9	9,0	98,8	12,51	1,2
01430A	"	"		18,8	10,0	95,0	12,03	1,0
(01428C)			getr					
01430B	"	"		20,3	9,8	100,3	12,70	1,0
(01428D)			getr					
01429C	"	"	SL	17,8	8,2	92,6	11,73	0,7
01429D	"	"	SL	16,3	8,4	90,5	11,46	0,7
01432A	Spätburgunder MG	Pfalz	sacch	21,1	9,5	100,7	12,76	1,1
01432B	"	"	sacch	21,5	9,4	102,7	13,01	1,1
01433A	"	"	SA	22,2	9,4	97,1	12,30	1,1
01433B	"	"	SA	22,3	9,4	96,3	12,20	1,1
01434A	"	"	UO	23,4	9,3	94,5	11,97	1,3
01434B	"	"	UO	24,0	9,3	96,1	12,17	1,3
01401A	Spätburgunder MG	SLFA	sacch	16,2	11,1	103,9	13,16	0,6
01401B	"	"	sacch	14,6	11,2	101,6	12,87	0,6
01402A	"	"	SA	17,4	11,7	102,4	12,97	0,7
01402B	"	"	SA	16,8	11,6	99,3	12,57	0,7
01403A	"	"	ausged	16,2	11,3	100,1	12,68	0,8
01403B	"	"	ausged	16,0	11,2	100,2	12,70	0,8
01406A	"	"	UO	17,3	11,4	96,3	12,19	0,8
01406B	"	"	UO	19,3	11,2	102,5	12,98	0,8
01446A	Spätburgunder MG	Pfalz	sacch	20,4	9,9	96,0	12,16	0,7
01446B	"	"	sacch	20,4	9,7	97,8	12,39	0,7
01447A	"	"	SA	22,7	9,7	96,0	12,17	0,7
01447B	"	"	SA	21,9	9,8	94,7	11,99	0,7
01448A	"	"	UO	23,2	9,5	92,0	11,65	0,9
01448B	"	"	UO	22,4	9,6	88,9	11,25	0,9
01449A	"	"		16,0	10,1	88,2	11,17	0,8
(01448C)			getr					
01449B	"	"		17,3	9,8	93,3	11,81	0,8
(01448D)			getr					
01440A	Merlot MG	Pfalz	sacch	19,1	10,4	92,4	11,71	0,7
01440B	"	"	sacch	19,9	10,3	93,7	11,87	0,7
01441A	"	"	SA	20,7	10,3	91,8	11,63	0,7
01441B	"	"	SA	20,7	10,2	92,1	11,67	0,7
01442A	"	"	UO	22,2	9,4	87,1	11,04	0,6
01442B	"	"	UO	21,1	9,4	85,4	10,82	0,7
01v443A	"	"	getr	15,1	9,0	78,6	9,96	0,5
01443B	"	"	getr	14,9	9,0	78,1	9,89	0,4
	Cabernet Sauvignon			17,5	9,5	92,4	11,71	0,6
01450A	MG	Pfalz	sacch					
01450B	"	"	sacch	17,5	9,4	93,3	11,82	0,6
01451A	"	"	SA	18,5	9,5	93,3	11,81	0,6
01451B	"	"	SA	18,9	9,3	93,0	11,77	0,6
01452A	"	"	UO	21,6	9,9	89,9	11,38	0,7
01452B	"	"	UO	21,6	10,0	93,0	11,78	0,7

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag- nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt- phenole mg/L
99900	Müller-Thurgau	Rheinessen	unbeh	809	84	75	0,046			135
99900a	"	"	unbeh	810	92	75	0,043			130
99901	"	"	sacch	793	83	74	0,044			126
99901a	"	"	sacch	783	82	75	0,047			127
99902	"	"	UO	815	89	90	0,048			133
99902a	"	"	UO	813	83	95	0,047			143
99903	"	"	VD	837	91	88	0,045			135
99903a	"	"	VD	831	85	86	0,050			136
99904	Portugieser ME	Pfalz	unbeh	1353	84	54	0,765	0,785	0,160	494
99904a	"	"	unbeh	1343	85	54	0,760	0,775	0,160	501
99905	"	"	sacch	1303	81	55	0,775	0,815	0,160	469
99905a	"	"	sacch	1329	78	54	0,735	0,725	0,155	501
99906	"	"	UO	1472	81	73	1,225	1,490	0,315	577
99906a	"	"	UO	1493	85	67	0,995	1,070	0,235	594
99907	"	"	VD	1457	84	68	0,940	1,030	0,215	547
99907a	"	"	VD	1496	90	72	0,965	1,030	0,220	577
99908	Dornfelder MG	Pfalz	unbeh	1514	88	64	5,890	12,110	2,290	1832
99909	"	"	sacch	1333	102	66	4,390	8,870	1,560	1673
99910	"	"	UO	1386	102	67	6,010	12,110	2,310	2080
99911	"	"	VD	1388	90	75	6,230	12,350	2,350	2009
99912	Grauburgunder	Baden	unbeh	1130	91	73	0,087			210
99912a	"	"	unbeh	1196	99	77	0,087			214
99913	"	"	sacch	1130	94	81	0,091			244
99913a	"	"	sacch	1135	92	77	0,084			218
99914	"	"	UO	1284	108	92	0,101			225
99914a	"	"	UO	1262	107	92	0,099			212
99915	"	"	VD	1221	101	88	0,079			190
99915a	"	"	VD	1187	97	85	0,088			201
99916	"	"	SK	975	75	86	0,123			497
99916a	"	"	SK	1017	74	88	0,113			391
99917	Spätburgunder MGFAG		unbeh	1243	113	67	0,525	0,685	0,120	991
99917a	"	"	unbeh	1242	85	60	0,530	0,705	0,115	989
99918	"	"	sacch	1157	86	54	0,545	0,720	0,120	985
99918a	"	"	sacch	1162	86	58	0,415	0,555	0,090	858
99919	"	"	UO	1284	96	79	0,540	0,695	0,110	927
99919a	"	"	UO	1258	97	74	0,615	0,700	0,120	1086
99920	"	"	VD	1279	92	70	0,620	0,665	0,125	1095
99920a	"	"	VD	1239	93	68	0,580	0,630	0,110	1081
99921	"	"	SK	1140	75	55	0,110	0,055	0,010	292
99921a	"	"	SK	1147	80	56	0,125	0,060	0,010	299
99922	Riesling	FAG	ausged	802	75	68	0,068			271
99922a	"	"	ausged	819	72	67				264
99923	"	"	unbeh	729	78	65	0,052			244
99923a	"	"	unbeh	722	76	62				250
99924	"	"	sacch	719	79	66	0,053			257
99924a	"	"	sacch	725	76	65				235
99925	"	"	UO	702	89	70	0,076			265

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag- nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt- phenole mg/L
99925a	"	"	UO	709	88	71				275
99926	"	"	VD	669	94	77	0,074			244
99926a	"	"	VD	687	98	76				248
99927	"	"	SK	888	84	76	0,079			292
99927a	"	"	SK	884	83	74				277
99802	Riesling	Pfalz	sacch	450	103	73	0,075			166
99803	"	"	UO	482	110	85	0,086			193
99801	"	"	VD	406	103	87	0,099			179
99928	Gewürztraminer	Pfalz	unbeh	892	102	69	0,044			161
99928a	"	"	unbeh	907	110	75	0,045			156
99929	"	"	sacch	792	102	65	0,057			154
99929a	"	"	sacch	736	104	59	0,054			152
99930	"	"	UO	888	116	76	0,058			150
99930a	"	"	UO	929	120	79	0,061			154
99931	"	"	VD	930	140	88	0,081			173
99931a	"	"	VD	932	126	89	0,090			173
99938	Weißburgunder	Pfalz	unbeh	950	107	67	0,072			207
99938a	"	"	unbeh	964	105	68	0,060			219
99939	"	"	sacch	937	103	65	0,058			199
99939a	"	"	sacch	918	108	65	0,055			204
99940	"	"	UO	971	115	75	0,093			182
99940a	"	"	UO	1003	118	77	0,084			203
99941	"	"	VD	1007	125	76	0,062			238
99941a	"	"	VD	1009	121	78	0,074			255
99942	Riesling	Mosel-Saar- Ruwer	unbeh	686	113	70	0,057			169
99942a	"	"	unbeh	709	128	73	0,053			177
99943	"	"	sacch	622	110	73	0,072			182
99943a	"	"	sacch	630	113	71	0,070			179
99944	"	"	UO	659	154	95	0,081			197
99944a	"	"	UO	659	155	98	0,084			186
99946a	"	"	SK	707	155	111	0,071			239
99947	Riesling	SLVA Trier	unbeh	595	87	58	0,065			164
99947a	"	"	unbeh	577	86	57	0,079			155
99948	"	"	sacch	517	79	53	0,070			151
99948a	"	"	sacch	534	78	54	0,068			157
99949	"	"	UO	542	96	67	0,090			178
99949a	"	"	UO	560	105	70	0,094			172
99950	"	"	VD	621	100	85	0,074			166
99950a	"	"	VD	592	99	83	0,062			154
99951	"	"	SK	635	105	78	0,089			267
99951a	"	"	SK	626	104	74	0,087			325
99952	Silvaner	LdsA Veitshöchheim	unbeh	815	75	58	0,075			150
99952a	"	"	unbeh	793	77	50	0,066			142
99953	"	"	sacch	745	53	55	0,083			146
99953a	"	"	sacch	749	61	55	0,075			150
99954	"	"	UO	810	89	77	0,071			184
99954a	"	"	UO	869	79	77	0,084			191

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag- nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt- phenole mg/L
99955	"	"	VD	815	76	75	0,087			174
99955a	"	"	VD	785	71	72	0,083			170
99956	"	"	SK	772	64	70	0,074			179
99968	Spätburgunder	MGPfalz	unbeh	1032	71	64				461
99971	"	"	VD	1426	95	105				2233
99973	Riesling	Württemberg	unbeh	665	89	78	0,050			240
99973a	"	"	unbeh	660	88	76	0,055			220
99974	"	"	sacch	620	81	70	0,061			236
99975	"	"	UO	595	82	87	0,062			248
99975a	"	"	UO	596	83	87	0,059			268
99976	"	"	VD	601	96	84	0,052			231
99976a	"	"	VD	601	95	86	0,063			245
00901	Müller-Thurgau	FAG	unbeh	886	88	72	0,057			337
00902	"	"	sacch	785	87	71	0,050			309
00904	"	"	UO	882	102	84	0,065			384
00905	"	"	VD	852	89	85	0,053			357
00906	"	"	SK	861	97	107	0,095			559
00912	Portugieser	ME Nahe	unbeh	1433	77	55	0,469	0,516	0,094	810
00913	"	"	sacch	1293	69	54	0,426	0,472	0,074	750
00914	"	"	VD	1525	102	71	0,704	0,821	0,150	978
00915	"	"	Rückv	1406	80	67	0,612	0,681	0,123	906
00916	Spätburgunder	ME FAG	unbeh	1375	201	73	0,667	0,660	0,155	1334
00917	"	"	sacch	1296	221	73	0,685	0,669	0,157	1337
00919	"	"	UO	1414	304	82	0,949	1,036	0,238	1526
00920	"	"	VD	1427	292	85	0,879	0,901	0,211	1484
00923	"	"	KÜZ	1312	241	71	0,822	0,836	0,191	1464
00927	Weißburgunder	FAG	unbeh	1171	81	63	0,117			307
00928	"	"	sacch	1093	89	63	0,123			282
00929	"	"	VD	1266	97	73	0,177			304
00930	"	"	Rückv	1304	105	75	0,169			318
00931	Lemberger	MG Württemberg	unbeh	969	69	66	1,076	1,620	0,294	1141
00932	"	"	sacch	949	72	69	1,054	1,634	0,282	1018
00933	"	"	ausged	872	59	65	1,402	2,084	0,400	1270
00934	"	"	UO	1028	76	83	1,348	2,130	0,384	1270
00935	"	"	VD	1042	72	89	1,502	2,230	0,464	1407
00936	"	"	SK	755	73	71	0,674	0,820	0,146	717
00937	"	"	SA	868	75	69	1,474	2,490	0,448	1137
00941	Riesling	Mosel-Saar- Ruwer	unbeh	908	227	67	0,056			256
00942	"	"	sacch	742	166	65	0,056			239
00943	"	"	UO	794	277	82	0,104			232
00944	"	"	VD	851	296	88	0,095			288
00945	"	"	SK	899	329	87	0,083			357
00946	Spätburgunder	MG Ahr	unbeh				0,536	0,339	0,092	775
00947	"	"	sacch				0,784	0,475	0,133	924
00948	"	"	UO				1,076	0,668	0,204	1154
00949	"	"	VD				1,062	0,661	0,197	1210

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag-nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt-phenole mg/L
00950	"	"	SA				0,789	0,484	0,140	1076
00951	Riesling	FAG	unbeh	774	119	72	0,100			295
00952	"	"	sacch	659	104	66	0,114			302
00953	"	"	ausged	674	188	64	0,115			309
00954	"	"	UO	704	219	78	0,121			304
00955	"	"	VD	761	128	86	0,139			296
00956	"	"	SK	689	177	85	0,156			411
00957	"	"	KÜZ	744	164	84	0,147			349
00962	Riesling	FAG	unbeh	871	108	103	0,071			264
00964	"	"	SK	949	151	110	0,048			314
00965	"	"	SK	952	216	117	0,117			440
		Mosel-Saar-								
		Ruwer								
00975	Riesling	"	unbeh	1011	96	97	0,093			299
00977	"	"	sacch	938	85	85	0,124			282
00979	"	"	VD	908	110	106	0,133			296
00976	"	"	unbeh				0,181			388
00978	"	"	sacch				0,205			379
00980	"	"	VD				0,228			410
00435a	Spätburgunder	ME Pfalz	sacch	1769	117	77	1,510	1,200	0,330	1309
00435b	"	"	sacch	1827	109	75	1,590	1,320	0,340	1349
00436a	"	"	UO+sacch	1753	116	79	1,740	1,310	0,380	1367
00436b	"	"	UO+sacch	1759	111	75	1,790	1,380	0,410	1438
00437a	"	"	UO	1963	148	90	2,100	1,680	0,500	1632
00437b	"	"	UO	1919	139	95	2,580	2,200	0,750	1654
00439a	"	"	UO	1862	125	98	2,060	1,540	0,490	1499
00439b	"	"	UO	1855	122	105	2,140	1,590	0,540	1508
	Cabernet									
00442a	Sauvignon MG	Pfalz	sacch	1827	91	68	1,870	2,370	0,530	1797
00442b	"	"	sacch	1821	86	68	1,780	2,230	0,490	1788
00443a	"	"	SA	1954	86	71	2,280	2,900	0,730	1929
00443b	"	"	SA	1925	83	73	2,470	3,030	0,750	1991
00444a	"	"	UO	2175	98	86	2,240	2,750	0,670	1823
00444b	"	"	UO	2159	104	87	2,300	2,810	0,690	1991
00401a	Regent MG	SLFA	ausged	1510	49	82	6,100	9,050	2,300	2796
00401b	"	"	ausged	1479	39	89	5,560	7,940	2,060	2769
00402a	"	"	sacch	1600	47	88	6,040	9,080	2,350	3132
00402b	"	"	sacch	1573	47	85	6,020	8,800	2,330	3167
00403a	"	"	SA	1544	51	89	6,290	9,470	2,480	3432
00403b	"	"	SA	1634	57	87	6,320	9,290	2,490	3467
00404a	"	"	UO	1915	45	105	7,810	11,200	3,060	3883
00404b	"	"	UO	1781	46	105	7,490	10,950	2,920	3644
00405a	"	"	VD	1760	48	97	7,270	10,620	2,830	3591
00405b	"	"	VD	1713	38	99	7,090	10,030	2,740	3609
00440a	Merlot MG	Pfalz	sacch	1081	77	72	2,070	2,730	0,870	1698
00440b	"	"	sacch	1121	88	75	2,340	3,020	1,000	1659
00441a	"	"	UO	1073	69	73	2,440	3,310	1,010	1712
00441b	"	"	UO	1121	80	76	2,730	3,940	1,200	1774
00428a	Spätburgunder MG	SLFA	sacch	1364	71	85	1,010	0,980	0,250	1544

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag- nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt- phenole mg/L
00428b	"	"	sacch	1342	74	82	0,880	0,770	0,190	1557
00429a	"	"	SA	1395	71	87	1,020	0,910	0,240	1601
00429b	"	"	SA	1409	78	90	1,360	1,360	0,300	1760
00430a	"	"	UO	1556	85	104	1,130	1,130	0,230	1619
00430b	"	"	UO	1593	90	103	1,000	0,890	0,200	1685
00431a	"	"	VD	1562	94	108	1,090	1,060	0,250	1623
00431b	"	"	VD	1478	82	102	1,180	1,230	0,270	1526
00406a	Dornfelder MG	SLFA	sacch	1555	24	50	2,450	4,340	0,860	1063
00406b	"	"	sacch	1609	28	52	2,560	4,570	0,910	1045
00408a	"	"	UO	1610	38	59	3,100	5,530	1,170	1240
00408b	"	"	UO	1790	41	67	3,140	5,710	1,160	1178
00409a	"	"	SA	1526	25	55	2,890	5,350	1,090	1134
00409b	"	"	SA	1577	29	58	2,800	5,200	1,050	1107
00450a	Riesling	SLFA	sacch	971	98	77	0,215			316
00450b	"	"	sacch	972	93	76	0,213			314
00451a	"	"	UO+sacch	1003	107	86	0,157			307
00451b	"	"	UO+sacch	980	100	80	0,156			308
00452a	"	"	UO	1001	106	84	0,169			325
00452b	"	"	UO	1029	107	87	0,159			311
00432a	Muskateller	SLFA	sacch	1020	81	57	0,092			242
00432b	"	"	sacch	1099	82	56	0,105			258
00433a	"	"	VD	1114	86	66	0,108			295
00433b	"	"	VD	1157	94	69	0,157			288
00434a	"	"	UO	1159	114	82	0,098			308
00434b	"	"	UO	1200	120	91	0,103			309
00445a	Weißburgunder	SLFA	sacch	1294	47	54	0,104			287
00445b	"	"	sacch	1330	45	58	0,099			286
00446a	"	"	Rückv	1511	77	72	0,150			289
00446b	"	"	Rückv	1469	70	71	0,147			292
00447a	"	"	UO	1487	76	74	0,144			284
00447b	"	"	UO	1484	65	72	0,143			290
	Cabernet									
00423a	Sauvignon MG	Pfalz	sacch	1580	117	97	1,480	1,690	0,360	2071
00423b	"	"	sacch	1570	117	96	1,680	1,910	0,450	2283
00425a	"	"	SA	1419	116	98	1,700	2,220	0,470	2583
00425b	"	"	SA	1399	134	98	1,940	2,680	0,590	2822
00426a	"	"	UO	1541	144	116	2,250	3,350	0,720	2831
00426b	"	"	UO	1472	132	108	2,140	3,000	0,650	2946
	Cabernet									
00424a	Sauvignon ME	Pfalz	sacch	1164	114	79	1,070	1,250	0,210	1089
00424b	"	"	sacch	1162	108	80	1,150	1,310	0,240	1098
00427a	"	"	UO	1554	140	103	1,760	1,750	0,420	1293
00427b	"	"	UO	1595	152	107	1,800	1,860	0,450	1302
00417	Riesling (10% Botr.)	SLFA	sacch	875	112	61	0,121			370
00418	Riesling (10% Botr.)	"	UO	1015	152	89	0,139			398
00419	Riesling (35% Botr.)	"	sacch	1569	142	91	0,162			511

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag- nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt- phenole mg/L
00420	Riesling Botr.)	(35% "	" UO	1156	149	84	0,125			448
00421	Riesling Botr.)	(95% "	" sacch	1506	118	79	0,130			502
00422	Riesling Botr.)	(95% "	" UO	1967	162	101	0,189			534
01900	Müller-Thurgau	Franken	unbeh	685	135	64	0,036			197
01901	"	"	sacch	522	108	57	0,034			163
01902	"	"	SK	723	139	85	0,075			396
01903	Bacchus	Franken	unbeh	685	139	48	0,027			161
01904	"	"	sacch	539	115	53	0,021			147
01905	"	"	SK	815	207	71	0,045			243
01906	Frühburgunder	MGFAG	sacch	1447	135	76	0,761	0,627	0,131	1595
01907	"	"	ausged	1487	155	84	0,865	0,709	0,153	1666
01909	"	"	UO	1545	151	94	0,785	0,695	0,145	1666
01910	Müller-Thurgau	FAG	unbeh	712	161	70	0,019			178
01911	"	"	sacch	783	153	75	0,038			261
01912	"	"	ausged	879	223	76	0,055			284
01913	"	"	UO	833	193	91	0,044			266
01914	"	"	KÜZ	884	177	101	0,056			285
01916	Portugieser ME	Nahe	unbeh	1450	116	60	0,728	0,832	0,174	1235
01917	"	"	sacch	1359	130	59	0,683	0,784	0,142	1175
01918	"	"	sacch	1299	133	57	0,810	0,955	0,179	1222
01919	"	"	ausged	1481	136	69	0,874	1,150	0,214	1182
01920	"	"	UO	1564	137	69	1,213	1,484	0,320	1577
01921	"	"	UO	1635	157	75	1,448	1,764	0,409	1717
01922	"	"	SA	1301	128	50	0,586	0,791	0,123	938
01926	Riesling	FAG	unbeh	592	160	77	0,043			312
01927	"	"	sacch	524	141	75	0,047			312
01929	"	"	UO	488	226	98	0,053			329
01932	Spätburgunder	MGPfalz	unbeh	866	138	72	0,372	0,294	0,046	1307
01934	"	"	sacch	836	138	74	0,372	0,298	0,049	1398
01936	"	"	ausged	802	121	74	0,461	0,393	0,063	1299
01938	"	"	UO	844	151	83	0,430	0,364	0,058	1610
01940	"	"	SA	878	160	74	0,385	0,328	0,054	1485
01933	Spätburgunder	MGPfalz	unbeh	887	128	77	0,448	0,355	0,065	1303
01935	"	"	sacch	872	130	73	0,488	0,410	0,076	1400
01937	"	"	ausged	815	122	81	0,380	0,340	0,058	1092
01939	"	"	UO	822	131	82	0,485	0,419	0,077	1494
01941	"	"	SA	873	124	79	0,456	0,371	0,071	1537
01943	Riesling	FAG	unbeh	516	128	90	0,057			248
01945	"	"	UO	494	113	96	0,073			288
01947	Lemberger MG	Württemberg	unbeh	797	122	80	0,656	0,744	0,107	1272
01949	"	"	sacch	771	132	81	0,749	0,905	0,132	1423
01951	"	"	ausged	874	131	83	0,993	1,237	0,188	1611
01953	"	"	UO	950	119	96	0,827	0,971	0,152	1531
01955	"	"	SA	822	116	76	0,835	1,132	0,159	1452

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag- nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt- phenole mg/L
01948	"	"	unbeh	786	124	79	0,717	0,872	0,151	1258
01950	"	"	sacch	785	126	73	0,802	0,969	0,172	1440
01952	"	"	ausged	869	165	79	0,957	1,210	0,214	1435
01954	"	"	UO	848	113	85	0,975	1,044	0,200	1705
01956	"	"	SA	815	143	81	0,882	1,085	0,191	1507
01407A	Weißburgunder	SLFA	sacch			52	0,055			172
01407B	"	"	sacch	650	94	43	0,057			164
01408A	"	"	UO	535	130	78	0,076			185
01408B	"	"	UO	612	107	67	0,078			171
01453A	Weißburgunder	SLFA	sacch	1068	102	73	0,101			184
01453B	"	"	sacch	1050	94	78	0,097			187
01454A	"	"	UO	1137	115	83	0,119			192
01454B	"	"	UO	1147	122	93	0,132			181
01410A	Riesling	SLFA	sacch	476	118	68	0,074			169
01410B	"	"	sacch	599	130	70	0,075			170
01411A	"	"	UO	497	181	97	0,109			211
01411B	"	"	UO	454	173	93	0,116			182
01444A	Riesling	SLFA	sacch	680	102	73	0,067			248
01444B	"	"	sacch	656	113	73	0,068			240
01445A	"	"	UO	585	139	89	0,079			283
01416A	Sauvignon blanc	Pfalz	sacch	1107	107	69	0,157			291
01416B	"	"	sacch	1104	143	59	0,158			273
01417A	"	"	UO	1143	130	75	0,181			278
01417B	"	"	UO	1215	162	70	0,205			282
01437A	Chardonnay	Pfalz	sacch	626	94	71	0,036			262
01437B	"	"	sacch	653	85	73	0,035			246
01438A	"	"	UO	650	173	90	0,052			285
01438B	"	"	UO	626	159	90	0,048			282
01439A	"	"	SL	1104	219	108	0,073			194
01439B	"	"	SL	1079	213	109	0,071			197
01435A	Gewürztraminer	Pfalz	sacch	1093	116	68	0,085			253
01435B	"	"	sacch	1135	103	62	0,088			240
01436A	"	"	UO	1376	142	80	0,132			284
01436B	"	"	UO	1335	137	80	0,142			253
01413A	Portugieser MG	SLFA	sacch	1256	76	49	0,996	1,070	0,233	1679
01413B	"	"	sacch	1253	112	50	1,040	1,148	0,255	1639
01414A	"	"	SA	1277	103	48	1,145	1,196	0,264	1776
01414B	"	"	SA	1325	87	50	1,196	1,246	0,283	1881
01415A	"	"	UO	1448	127	59	1,138	1,126	0,264	1892
01415B	"	"	UO	1466	114	57	1,206	1,214	0,290	1842
01420A	Dornfelder MG	Pfalz	sacch	1556		58	2,572	4,053	0,809	2346
01420B	"	"	sacch	1578		65	3,258	5,443	1,146	2413
01421A	"	"	SA	1744		67	3,520	6,051	1,245	2801
01421B	"	"	SA	1720		69	3,378	5,600	1,173	3078
01422A	"	"	UO	1505		60	3,662	6,070	1,317	2903
01422B	"	"	UO	1489		59	3,679	5,922	1,318	3027
01423A	Dornfelder ME	Pfalz	sacch	1257		52	1,252	1,498	0,329	739

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag-nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt-phenole mg/L
01423B	"	"	sacch	1181		52	1,304	1,467	0,337	716
01424A	"	"	UO	1291		58	1,386	1,651	0,378	768
01424B	"	"	UO				1,382	1,664	0,372	769
01427A	Spätburgunder	MGPfalz	sacch	1002	82	57	0,703	0,576	0,135	2241
01427B	"	"	sacch	1010	84	60	0,711	0,587	0,139	2188
01428A	"	"	SA	1179	96	64	0,936	0,770	0,180	2764
01428B	"	"	SA	1042	71	57	0,853	0,691	0,164	2501
01429A	"	"	UO	1176	96	74	0,934	0,798	0,189	2745
01429B	"	"	UO	1255	111	78	1,078	0,914	0,224	3126
01430A (01428C)	"	"	getr	1180	112	71	1,036	0,768	0,189	2036
01430B (01428D)	"	"	getr	1245	109	74	0,923	0,654	0,171	1774
01429C	"	"	SL	1162	104	64	0,738	0,521	0,123	1689
01429D	"	"	SL	1089	87	65	0,644	0,477	0,105	1620
01432A	Spätburgunder	MGPfalz	sacch	1450	103	71	1,228	1,123	0,254	3485
01432B	"	"	sacch	1497	80	68	1,244	1,086	0,248	3449
01433A	"	"	SA	1667	110	77	1,270	1,191	0,263	3932
01433B	"	"	SA	1575	103	65	1,441	1,287	0,303	4055
01434A	"	"	UO	1830	130	84	1,329	1,295	0,287	3941
01434B	"	"	UO	1690	118	82	1,520	1,367	0,326	4309
01401A	Spätburgunder	MGSLFA	sacch				0,939	0,703	0,185	2339
01401B	"	"	sacch	1073		97	0,912	0,720	0,176	2263
01402A	"	"	SA				1,583	1,202	0,397	3053
01402B	"	"	SA				1,209	0,916	0,254	3243
01403A	"	"	ausged	1305		115	1,192	0,953	0,247	2618
01403B	"	"	ausged	1280		116	1,077	0,845	0,212	2400
01406A	"	"	UO	1268		113	1,461	1,154	0,310	3254
01406B	"	"	UO	1308		117	1,341	1,015	0,263	3078
01446A	Spätburgunder	MGPfalz	sacch	1252	136	94	1,422	1,296	0,304	4795
01446B	"	"	sacch	1253	131	87	1,504	1,405	0,338	4533
01447A	"	"	SA				1,749	1,552	0,382	5745
01447B	"	"	SA	1387	140	95	1,664	1,487	0,362	5776
01448A	"	"	UO	1446	198	117	1,639	1,469	0,360	5832
01448B	"	"	UO				1,669	1,483	0,359	5974
01449A (01448C)	"	"	getr	1365	180	117	0,998	0,771	0,178	2105
01449B (01448D)	"	"	getr				1,031	0,806	0,179	1762
01440A	Merlot	MG Pfalz	sacch	780	95	58	1,662	2,204	0,460	2667
01440B	"	"	sacch	774	93	60	1,730	2,289	0,479	2737
01441A	"	"	SA	813	90	60	1,904	2,611	0,546	2850
01441B	"	"	SA	826	104	62	1,904	2,560	0,540	2744
01442A	"	"	UO	849	106	65	2,167	2,923	0,638	3270
01442B	"	"	UO	894	107	77	1,956	2,605	0,559	3099
01v443A	"	"	getr	679	87	51	0,951	1,090	0,224	1268
01443B	"	"	getr	718	87	52	0,981	1,117	0,232	1254
01450A	Cabernet Sauvignon	MG Pfalz	sacch	1104	72	66	1,628	1,723	0,377	2371

Wein-Nr.:	Rebsorte	Herkunft	Variante	Kalium mg/L	Calcium mg/L	Mag- nesium mg/L	E 420	E 520	E620	Gesamt- phenole mg/L
01450B	"	"	sacch	1128	63	61	1,511	1,632	0,343	2400
01451A	"	"	SA	1221	80	66	1,558	1,618	0,347	2653
01451B	"	"	SA	1203	67	66	1,651	1,693	0,379	2793
01452A	"	"	UO	1394	92	72	2,306	2,591	0,582	3505
01452B	"	"	UO	1304	89	75	1,994	2,145	0,485	3184

9 Lebenslauf

Dierk Clos

Zur Ruppertsklamm 4

56112 Lahnstein

geboren am 20.01.1974 in Nastätten

Staatsangehörigkeit: deutsch

Ausbildung:

07/1980 - 06/1984 Grundschule Miehlen

07/1984 - 06/1993 Gymnasium Lahnstein

07/1993 - 06/1994 Grundwehrdienst

10/1994 - 03/1999 Studium der Lebensmittelchemie, Universität Kaiserslautern

10/1996 Staatliche Vorprüfung

10/1998 - 03/1999 Wissenschaftliche Abschlussarbeit:

„Veränderung analytischer Merkmale in Most und Wein durch die Anwendung physikalischer Konzentrierungsverfahren“ angefertigt im Fachbereich Kellerwirtschaft, SLFA Neustadt a.d.W.

07/1999 - 06/2002 Promotion: „Chemische und sensorische Auswirkungen von physikalischen Konzentrierungsverfahren auf Most und Wein“ angefertigt im Fachbereich Kellerwirtschaft, SLFA Neustadt a.d.W.

seit 05/2003 Praktische Ausbildung zur Zweiten Staatsprüfung Lebensmittelchemie, Landesuntersuchungsamt Rheinland-Pfalz, Institut für Lebensmittelchemie Trier