

Fachbereich 09 "Agrarwissenschaften, Ökotröphologie und
Umweltmanagment"
Justus-Liebig-Universität Giessen
Frau Prof. Dr. I. Bitsch

in Zusammenarbeit mit dem

Fachgebiet Kellerwirtschaft des Instituts für Weinbau und
Rebenzüchtung der Forschungsanstalt Geisenheim
Frau Prof. Dr. M. Christmann

ANREICHERUNG DEUTSCHER WEINE MITTELS
UMKEHROSMOSE.
VERGLEICH ZUR KONVENTIONELLEN
SACCHAROSEANREICHERUNG UNTER ANALYTISCHEN,
SENSORISCHEN UND ÖKONOMISCHEN
GESICHTSPUNKTEN

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
Oec.troph.
Justus-Liebig-Universität, Giessen

eingereicht von

Diplom-Oenologe
Bernhard Diel
aus Biebelnheim /Rhh.

Gießen 2000

Dekan: Herr Prof. Dr. P.M. Schmitz

Erste Gutachterin: Frau Prof. Dr. I. Bitsch
Zweite Gutachterin: Frau Prof. Fr. M. Christmann

Tag der Disputaion: 27.06.2000

Meiner lieben Frau

Dunja

und meinen Kindern

Antea und Marko

„Das Ziel muß man früher erkennen als die Bahn.“

Jean Paul

INHALTSVERZEICHNIS		<u>Seite</u>
	Inhaltsverzeichnis	I
	Verzeichnis der Tabellen	V
	Verzeichnis der Abbildungen	IX
1	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Problemstellung	2
1.3	Rechtliche Grundlagen	4
2	BEKANNTE ARBEITEN ZUR MOSTKONZENTRIERUNG DURCH UMKEHROSMOSE	7
3	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	14
3.1	Das Prinzip der Umkehrosmose	14
3.2	Grundlagen zum Membrantrennprozeß	15
3.2.1	Porenmodell	16
3.2.2	Lösungs-Diffusions-Modell	19
3.3	Triebkraftmindernde Effekte	21
3.3.1	Druckverluste in Feed und Permeat	22
3.3.2	Feedseitige Konzentrationspolarisation	22
3.3.3	Konzentrationspolarisation in der porösen Stützschiicht	23
3.4	Das Wickelmodul	23

4	MATERIAL UND METHODEN	25
4.1	Analysenmethoden	25
4.2	Versuchsbeschreibung	27
4.2.1	Versuchsanlage 1993	27
4.2.2	Aufbau der Versuche 1993	29
4.2.3	Versuchsanlage 1994	32
4.2.4	Aufbau der Versuche 1994	35
4.2.5	Versuchsanlage 1995	37
4.2.6	Aufbau der Versuche 1995	39
4.3	Sensorische Beurteilung	42
4.4	Kostenvergleichsrechnung	44
4.4.1	Grundlagen für die Kostenkalkulation bei Saccharoseanreicherung	46
4.4.2	Grundlagen für die Kostenkalkulation bei Umkehrosmoseanreicherung	47
4.4.2.1	Auslegung der Kapazitäten der UO-Konzentrierungsanlagen	47
4.4.2.2	Kapitalkosten	49
4.4.2.3	Personalkosten	50
4.4.2.4	Wartungs- und Reparaturkosten	50
4.4.2.5	Materialkosten	51
4.4.2.6	Kosten für Energie und Wasser	52
5	ERGEBNISSE	53
5.1	Vorbehandlung der Moste vor der UO-Anreicherung	53
5.2	Anreicherungsversuche zur Weinherstellung in der Herbstkampagne 1993/94	54
5.2.1	Analytische Untersuchung von 93er Mosten und Permeaten aus Anreicherungsversuchen	56
5.2.2	Gärverlauf der 93er Versuchsmoste	61
5.2.3	Analytische Veränderung der 93er Weine aus Anreicherungsversuchen	62
5.2.4	Sensorische Beurteilung der 93er Weine aus Anreicherungsversuchen	70

5.3	Anreicherungsversuche zur Weinherstellung in der Herbstkampagne 1994/95	80
5.3.1	Analytische Untersuchungen von 94er Mosten und Permeaten aus Anreicherungsversuchen	81
5.3.2	Gärverlauf der 94er Versuchsmoste	85
5.3.3	Analytische Veränderung der 94er Weine aus Anreicherungsversuchen	85
5.3.4	Sensorische Beurteilung der 94er Weine aus Anreicherungsversuchen	87
5.4	Anreicherungsversuche zur Weinherstellung in der Herbstkampagne 1995/96	98
5.4.1	Analytische Untersuchungen von 95er Mosten und Permeaten aus Anreicherungsversuchen	98
5.4.2	Gärverlauf der 95er Versuchsmoste	105
5.4.3	Analytische Veränderung der 95er Weine aus Anreicherungsversuchen	108
5.4.4	Sensorische Beurteilung der 95er Weine aus Anreicherungsversuchen	109
5.5	Untersuchung der Einflußfaktoren auf die Fluxleistung bei der Anreicherung von Mosten durch UO und NF	119
5.5.1	Einfluß der Temperatur	120
5.5.2	Einfluß des Transmembrandruckes	124
5.5.3	Einfluß der Konzentration	127
5.5.4	Einfluß der Überströmung	130
5.6	Ermittlung der mittleren Fluxleistung bei der UO-Anreicherung als Grundlage für die betriebswirtschaftliche Untersuchung	131
5.7	Betriebswirtschaftliche Untersuchungen	135
5.7.1	Kostenvergleich bei einer Alkoholerhöhung von 9 auf 12 % vol	135
5.7.2	Kostenvergleich bei einer Alkoholerhöhung von 8 auf 11 % vol bzw. von 7 auf 10 % vol	138
5.7.3	Kostenvergleich bei einer Alkoholerhöhung von 10 auf 11,5 % vol	141
6	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	143
6.1	Beurteilung der technischen Untersuchung	143
6.2	Beurteilung der analytischen Untersuchung	146
6.3	Beurteilung der sensorischen Untersuchung	150
6.3.1	Sensorische Untersuchung der 93er Versuchsweine	150
6.3.2	Sensorische Untersuchung der 94er Versuchsweine	151
6.3.3	Sensorische Untersuchung der 95er Versuchsweine	151

6.4	Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Untersuchung	153
6.5	Weinbaupolitische Betrachtung	154
7	ZUSAMMENFASSUNG	157
8	LITERATURÜBERSICHT	159
9	ANHANG	166

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tab.-Nr.	Titel	Seite
Tab. 1:	Änderungsvorschlag der Europäischen Kommission zur Neuregelung der Weinbauzonen und der Saccharoseanreicherung	5
Tab. 2:	Übergangsfristen für Mindestmostgewichte, Anreicherungsstärken und Anreicherungs-höchstgrenzen innerhalb der Zone N (Änderungsvorschlag der EG-Kommission)	6
Tab. 3:	Kenndaten der verwendeten Membrane zur Umkehrosmoseanreicherung von 93er Versuchsmosten	27
Tab. 4:	Übersicht der aus 93er Mosten hergestellten Versuchsvarianten und den dazugehörigen Versuchsbezeichnungen.	31
Tab. 5:	Kenndaten der eingesetzten Membran zur Umkehrosmoseanreicherung von 94er Versuchsmosten	33
Tab. 6:	Übersicht der aus 94er Mosten hergestellten Versuchsvarianten und den dazugehörigen Versuchsbezeichnungen.	37
Tab. 7:	Kenndaten der verwendeten Membranen zur Umkehrosmoseanreicherung von 95er Versuchsmosten	38
Tab. 8:	Übersicht der aus 95er Mosten hergestellten Versuchsvarianten und den dazugehörigen Versuchsbezeichnungen.	40
Tab. 9:	Permeatmenge, Fluxleistung und Zeitaufwand in Abhängigkeit von dem Konzentrationsbereich bei einer Anreicherung um 3 bzw. 1,5 % vol und die daraus resultierenden max. Verarbeitungskapazitäten der kalkulierten Anlagen.	48
Tab. 10:	Rahmenbedingungen für die Auslegung von UO-Anlagen zur Mostanreicherung	49
Tab. 11:	Analysendaten von 93er Müller-Thurgau-Weinen aus Anreicherungsversuchen Vergleich Nr. 1	63
Tab. 12:	Analysendaten von 93er Müller-Thurgau-Weinen aus Anreicherungsversuchen Vergleich Nr. 4	64
Tab. 13:	Die sensorische Beurteilung von Weinen aus Anreicherungsversuchen nach dem DLG-5-Punkte-Prüfschema / Vergleiche Nr. 1 bis 3 / 93er Müller-Thurgau	71
Tab. 14:	Die sensorische Beurteilung von Weinen aus Anreicherungsversuchen nach dem DLG-5-Punkte-Prüfschema / Vergleiche Nr. 4 bis 6 / 93er Riesling	72
Tab. 15:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen 6 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 1 bis 3 / 93er Müller-Thurgau	74
Tab. 16:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen 6 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 4 bis 6 / 93er Riesling	75
Tab. 17:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen 12 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 1 bis 3 / 93er Müller-Thurgau	77

Tab.-Nr.	Titel	Seite
Tab. 18:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen 12 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 4 bis 6 / 93er Riesling	78
Tab. 19:	Ergebniszusammenfassung der Rangordnungsprüfungen 93er Versuchsweine	79
Tab. 20:	Anreicherungspressen der Versuchsmoste des Jahrgangs 1994	80
Tab. 21:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 94er Weinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 1 bis 3	88
Tab. 22:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 94er Weinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleich Nr. 4	89
Tab. 23:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 94er Weinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 5 bis 7	90
Tab. 24:	Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 1 bis 7 / Prüferzahl: n = 15	92
Tab. 25:	Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen 6 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 1 bis 7 / Prüferzahl: n = 15	94
Tab. 26:	Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen 12 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 1 bis 7 / Prüferzahl: n = 14	95
Tab. 27:	Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen 18 Monate nach der Abfüllung / Vergleiche Nr. 1 bis 7 / Prüferzahl: n = 14	96
Tab. 28:	Metallgehalte eines Rieslingmodellmostes vor und nach der Anreicherung mit Umkehrosiose und Nanofiltration	99
Tab. 29:	Farbintensität von 95er Rotmosten nach der Anreicherung mit Saccharose und Umkehrosiose	103
Tab. 30:	Farbintensität von 95er Rotweinen nach der Anreicherung mit Saccharose und Umkehrosiose	108
Tab. 31:	Die sensorische Beurteilung von 95er Versuchsweinen nach dem DLG-5-Punkte-Prüfschema / Vergleich Nr. 1 bis 3 Prüferzahl: n = 20	110
Tab. 32:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 95er Weinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleich Nr. 1 bis 3 Prüferzahl: n = 16	112
Tab. 33:	Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 95er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleich Nr. 1 bis 3 Prüferzahl: n = 20	113
Tab. 34:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 95er Weinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleich Nr. 4 bis 6 Prüferzahl n = 24	115
Tab. 35:	Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 95er Weinen aus Anreicherungsversuchen 3 Monate nach der Abfüllung / Vergleich Nr. 7 bis 9 Prüferzahl n = 24	116
Tab. 36:	Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 95er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen 6 Monate nach der Abfüllung / Vergleich Nr. 1, 2, 3, 10 und 11 Prüferzahl: n = 24	118

Tab.-Nr.	Titel	Seite
Tab. 37:	Einfluß der Temperatur auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosiose- und Nanofiltrationsmembranen	122
Tab. 38:	Einfluß des Transmembrandruckes auf die Fluxrate	125
Tab. 39:	Einfluß des Mostgewichtes auf die Fluxrate	129
Tab. 40:	Ermittlung der tatsächlich erzielten mittleren Fluxleistung, sowie der mittleren Fluxleistung bei 25° C	134
Tab. 41:	Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung Anreicherung um 3 % vol / von 9 auf 12 % vol	137
Tab. 42:	Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung Anreicherung um 3 % vol / von 8 auf 11 % vol	139
Tab. 43:	Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung Anreicherung um 3 % vol / von 7 auf 10 % vol	140
Tab. 44:	Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung Anreicherung um 3 % vol / von 10 auf 11,5 % vol	142

ANHANG

Tab.-Nr.	Titel	Seite
Tab. A1:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines 93er Müller-Thurgau Mostes und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von 65-Dalton / Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3	166
Tab. A2:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines 93er Müller-Thurgau Mostes und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von 100-Dalton / Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3	167
Tab. A3:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines 93er Müller-Thurgau Mostes und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von 250-Dalton / Vergleiche Nr. 1 und Nr. 2	168
Tab. A4:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines 93er Riesling-Mostes und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von 65-Dalton / Vergleiche Nr. 4 bis Nr. 6	169
Tab. A5:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines 93er Riesling-Mostes und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von 100-Dalton / Vergleiche Nr. 4 bis Nr. 6	170

Tab.-Nr.	Titel	Seite
Tab. A6:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines 93er Riesling-Mostes und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von 250-Dalton / Vergleiche Nr. 4 und Nr. 5	171
Tab. A7:	Analysendaten von 93er Müller-Thurgau-Weinen aus Anreicherungsversuchen Vergleich Nr. 2	172
Tab. A8:	Analysendaten von 93er Müller-Thurgau-Weinen aus Anreicherungsversuchen Vergleich Nr. 3	173
Tab. A9:	Analysendaten von 93er Müller-Thurgau-Weinen aus Anreicherungsversuchen Vergleich Nr. 5	174
Tab. A10:	Analysendaten von 93er Müller-Thurgau-Weinen aus Anreicherungsversuchen Vergleich Nr. 6	175
Tab. A11:	Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosroseanreicherung sowie Permeatanalyse eines 94er Spätburgunder QbA / Weißherbst	176
Tab. A12:	Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosroseanreicherung sowie Permeatanalyse eines 94er Riesling QbA / Weißmost	177
Tab. A13:	Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosroseanreicherung sowie Permeatanalyse eines 94er Portugieser QbA / Rotmost	178
Tab. A14:	Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosroseanreicherung sowie Permeatanalyse eines 94er Bacchus QbA / Weißmost	179
Tab. A15:	Analysendaten von 94er Versuchsweinen aus Saccharose- und Umkehrosroseanreicherung / Vergleiche Nr. 2, 4, 5 und 6	180
Tab. A16:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung von Mostinhaltsstoffen eines 95er Ehrenfelser-Mostes bei der Konzentrierung durch UO und NF Vergleich Nr. 1	181
Tab. A17:	Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung von Mostinhaltsstoffen eines 95er Riesling-Mostes bei der Konzentrierung durch UO und NF Vergleich Nr. 3	182
Tab. A18:	Analysendaten von 95er Versuchsweinen aus Saccharose-, Nanofiltrations- und Umkehrosroseanreicherung / Vergleiche Nr. 1 und Nr. 3	183

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abb.-Nr.	Titel	Seite
Abb. 1:	Schematische Darstellung des Trennverhaltens von Membranverfahren (RAUTENBACH 1996)	15
Abb. 2:	Trennkurve einer Porenmembran Trenngrenze ca. 600.000 Dalton (RAUTENBACH 1996)	17
Abb. 3:	Modell einer Porenmembran (RAUTENBACH 1996)	18
Abb. 4:	Model einer Lösungs-Diffusions-Membran (RAUTENBACH 1996)	19
Abb. 5:	Schematischer Aufbau eines Wickelmoduls	24
Abb. 6:	Schematische Darstellung der Versuchsanstellung bei den Anreicherungsversuchen der Herbstkampagne 93/94.	30
Abb. 7:	Fließschema der Pilotanlage in der Herbstkampagne 94/95	34
Abb. 8:	Die durchschnittlichen Verluste von Zucker, Gesamtextrakt, Äpfel- und Weinsäure bei der Mostanreicherung unter Anwendung von Polyamidmembran verschiedener Trenneigenschaften.	58
Abb. 9:	Die durchschnittlichen Verluste von Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium bei der Mostanreicherung unter Anwendung von Polyamidmembran verschiedener Trenneigenschaften.	59
Abb. 10:	Gesamtsäureveränderung durch Weinsteinausfall in 93er Mosten und Weinen in Abhängigkeit vom Anreicherungsverfahren	66
Abb. 11:	Die mittleren Verluste von Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium bei der Mostanreicherung mittels Umkehrosmose unter Anwendung einer Polyamidmembran (n=4).	83
Abb. 12:	Die mittleren Verluste von Eisen, Kupfer, Zink und Blei bei der Mostanreicherung mittels Umkehrosmose unter Anwendung einer Polyamidmembran (n=4).	84
Abb. 13:	Veränderung von Eisen, Kupfer, Zink und Blei bei der Anreicherung eines Rieslingmodellmostes um 40° Oe mit Umkehrosmose und Nanofiltration	100
Abb. 14:	Die relativen Veränderungen von monomeren Anthocyanidinen in einem 95er Portugieser Rotwein QbA	104
Abb. 15:	Die relativen Veränderungen von monomeren Anthocyanidinen in einem 95er Dornfelder Rotwein QbA	104

Abb.-Nr.	Titel	Seite
Abb. 16:	Gärverlauf von Versuchsmosten nach verschiedenen Anreicherungsverfahren Vergleich Nr. 1 / 95er Ehrenfelser QbA / Rheingau	105
Abb. 17:	Gärverlauf von Versuchsmosten nach verschiedenen Anreicherungsverfahren Vergleich Nr. 2 / 95er Osteiner QbA / Rheingau	106
Abb. 18:	Gärverlauf von Versuchsmosten nach verschiedenen Anreicherungsverfahren Vergleich Nr. 3 / 95er Riesling QbA / Rheingau	107
Abb. 19:	Einfluß der Temperatur auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosiose- und Nanofiltrationsmembranen	121
Abb. 20:	Einfluß des Transmembrandruckes auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosiose- und Nanofiltrationsmembranen	126
Abb. 21:	Einfluß des Mostgewichtes auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosiose- und Nanofiltrationsmembranen	128
Abb. 22:	Einfluß der Überströmung auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosiosemembranen	130
Abb. 23:	Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung Druck 70 bar / Vergleich Nr. 1	132
Abb. 24:	Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung Druck 70 bar / Vergleich Nr. 2	132
Abb. 25:	Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung Druck 70 bar / Vergleich Nr. 3	133

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

1.1 Einleitung

Eine natürliche Geschmacksharmonie findet man bekanntlich nur bei Weinen, die aus ausgereiftem Traubenmaterial hergestellt wurden. Wo durch falsche Sortenwahl, Standort, ungünstige Witterung, verfrühte Lese und dergleichen der Reifezustand nicht ausreicht, findet man unharmonische, unreife Weine, die meist eine grüne oder grasige Säure haben. Man unterscheidet daher zwischen selbständigen und unselbständigen Mosten und Weinen. Unselbständige Moste bedürfen einer Verbesserung oder Anreicherung, um sie geschmacklich zu harmonisieren und dadurch marktfähig zu machen. Bei Weißweinen ist das in der Regel bei Mostgewichten unter 75° Oe und bei Rotweinen unter 80° Oe der Fall. In Jahren mit schlechter Witterung kann dies in nördlichen Weinbauregionen mitunter 50 bis 80% aller Weißmoste betreffen.

In den nordeuropäischen Weinbauregionen wird die Alkoholerhöhung traditionell durch den Zusatz von Saccharose in Form von Rüben- oder Rohrzucker vorgenommen, während die Alkoholanreicherung in südlichen Weinbauländern Europas vorwiegend durch den Zusatz von konzentriertem Traubenmost oder rektifiziertem Traubenmostkonzentrat (RTK) erfolgt.

Während durch beide Anreicherungsverfahren die Weinmenge geringfügig erhöht wird, ist mit der Herstellung von Mostkonzentrat eine gewisse Entlastung der seit langem anhaltenden Weinüberproduktion innerhalb Europas verbunden. Dies ist jedoch auch nur dann der Fall, wenn die derzeit noch subventionierte Konzentratherstellung nicht zu einer Erweiterung der Rebflächen führt, die lediglich dem Ziel der RTK-Herstellung dient.

Hier zeigt sich bereits einer von mehreren Problempunkten, die deutlich machen, daß die Instrumente der gemeinsamen Marktorganisation offensichtlich nicht ausreichen, um strukturelle Ungleichgewichte auf dem Weinsektor auszugleichen.

Um derartige anhaltende Störungen des Marktgleichgewichtes zu beseitigen, kam die Kommission der Europäischen Gemeinschaft zu der Überzeugung, daß der Weinsektor nur durch eine grundlegende Reform der Weinmarktordnung wieder eine echte Zukunftsperspektive erhalten könne. Seit Anfang der 90er Jahre hat sich daher die anstehende Reform der EU-Weinmarktordnung zum Leitthema der deutschen Weinbaupolitik entwickelt. Ziel der Reform ist es, eine strikte und nachhaltig wirksame Politik der Überschußvermeidung zu betreiben und gleichzeitig eine Verbesserung der Weinqualität innerhalb der EG zu gewährleisten.

Bei der Gestaltung der neuen Weinmarktordnung wurden von den jeweiligen Mitgliedstaaten Vorschläge eingebracht, die nach deren Meinung zur Erreichung dieser Ziele beitragen können. Aufgrund der Verschiedenartigkeit der Interessen zeigte sich jedoch, daß die Verabschiedung der Neuregelungen nicht so schnell wie erwartet durchgeführt werden konnte. Die von der Europäischen Kommission vorgelegten Konzepte stoßen immer wieder auf heftige Kritik. Einer der Streitpunkte stellt dabei die vorgesehene Regelung der Anreicherung dar. Neben Italien und Spanien fordern auch Portugal und Griechenland ein generelles Verbot der Anreicherung mit Saccharose. Als Ersatz soll die Anreicherung EG-weit durch die Zugabe von Traubenmostkonzentraten durchgeführt werden. Vertreter der französischen Weinbranche drängen auf die Einführung moderner Verfahren wie z.B. Kryoextraktion und Umkehrosiose.

Mittlerweile hat sich die Anreicherungsfrage zu einem regelrechten Nord-Süd-Konflikt entwickelt. Während sich die Südländer aus einem Verbot der Saccharosezuckerung eine Verringerung der Weinproduktion um 15 bis 20 Mio. hl versprechen, verteidigen die Vertreter der Nordstaaten die Anreicherung mit Zucker als traditionelle Praxis und anerkanntes Mittel der Qualitätsverbesserung in den nördlichen Weinbauregionen Europas.

Durch den Streit unter den Mitgliedstaaten über die Zulassung der einzelnen Anreicherungsverfahren, hat somit das Thema Anreicherung wieder an Aktualität gewonnen.

1.2 Problemstellung

Neben den bisher praktizierten Anreicherungsverfahren kamen daher weitere physikalische Verfahren wie Konzentration durch Hitze oder Kälte, osmotische Konzentrierung sowie Umkehrosiose zur Diskussion. Dies geschah nicht zuletzt deshalb, weil neuere Ergebnisse von verschiedenen italienischen, französischen, amerikanischen und schweizer Arbeitskreisen zu dem Schluß kamen, daß die Umkehrosiose mit optimierten Membranen ein geeignetes Anreicherungsverfahren darstelle. Die önologischen Vorteile seien vor allem in der Mengenreduzierung, der Farb- und Strukturverbesserung von Rotweinen, positiven Auswirkungen der erforderlichen Vorklärung der Moste, Aromaverbesserung sowie Steuerungsmöglichkeit und Automatisierbarkeit des Verfahrens zu finden (DELFINI et al. 1991, CUENAT et al. 1992, DUITSCHAEVER et al. 1991 u. 1986, PERI und POMPEI 1975, BERGER 1992). In den neuen Weinbauländern, besonders in den USA und Australien, wird der Standpunkt vertreten, daß alle önologischen Verfahren zugelassen werden sollten, die dazu beitragen, qualitativ hochwertige Erzeugnisse zu einem günstigen Preis zu erzeugen.

Obwohl die oben genannten Ergebnisse den von WUCHERPFENNIG (1977) gemachten Erfahrungen entgegenstehen, wonach sich in den aus konzentrierten Mosten hergestellten Weinen grasige Unreifeftöne verstärken, wurde die Umkehrosmose vom Internationalen Weinamt für die Anreicherung des Mostes empfohlen und in den oenologischen Kodex des OIV aufgenommen. Da diese positive Beurteilung der Umkehrosmoseanreicherung aus deutscher Sicht bisher nicht bestätigt werden konnte, war es erforderlich, mit den mittlerweile weiterentwickelten Membranmaterialien und UO-Anlagen erneut Vergleichsversuche mit deutschen Mosten durchzuführen.

Mit der finanziellen Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten wurde daher ein Forschungsauftrag erteilt, bei dem die Umkehrosmoseanreicherung über einen Zeitraum von drei Jahren (1993 bis 1995) untersucht wurde.

Es wurden hierbei folgende Fragestellungen näher untersucht:

- Veränderung von Inhaltsstoffen im Vergleich zur konventionellen Saccharoseanreicherung in Most und Wein
- Technologische Voraussetzungen und Konsequenzen
- Auswirkungen auf die sensorischen Eigenschaften im Hinblick auf die von südländischen EG-Mitgliedstaaten abweichende Zusammensetzung deutscher Moste, vor allem in unreifen Jahren (Stichwort: Säureanreicherung, grasiger Geschmack)
- Betriebswirtschaftliche Konsequenzen im Vergleich zur konventionellen Saccharoseanreicherung
- Möglichkeit der Nachweisbarkeit illegaler Anwendung der Umkehrosmose

Insgesamt stellte sich die Frage, inwieweit die Einschränkung oder gar das Verbot der Saccharoseanreicherung innerhalb der Europäischen Gemeinschaft und die Zulassung der Umkehrosmose sowie anderer physikalischer Anreicherungsverfahren, die Weinwirtschaft den Zielen der gemeinsamen Marktorganisation näher bringen kann.

1.3 Rechtliche Grundlagen

Nach bisherigem Recht sind für die Tafelweinproduktion neben Saccharosezusatz, RTK-Zusatz und dem Zusatz von Traubenmostkonzentrat auch die Mostanreicherung durch teilweise Konzentrierung (z.B. Umkehrosmose, und Verdampfung) bzw. die Weinkonzentrierung durch Kälte zugelassen (vgl. EWG-Verordnung Art. 19 Nr. 822/87 und Art. 8 Nr. 823/87 sowie § 22 WeinGes. und § 15 WeinVO). Für Landwein und Qualitätswein sind lediglich Saccharosezusatz und RTK-Zusatz erlaubt.

Bei den aktuellen Änderungsvorschlägen der EG-Kommission zur Reform der Weinmarktordnung würde die Einbeziehung von Qualitätswein die nationale Zuständigkeit stark einschränken. Die im folgenden vorgestellten konkreten Änderungsvorschläge machen dies deutlich.

Der aktuelle Vorschlag der EG-Kommission vom Mai 1993 sieht zunächst eine neue Einteilung der für die Anreicherung maßgeblichen Weinbauzonen vor. Demnach sollen die bisherigen Zonen A, B und C sowie deren Untergruppen in nur drei Zonen, nämlich in:

Zone Nord
Zone Mittel
Zone Süd zusammengefaßt werden.

Dabei soll die Zone Nord die bisherigen Zonen A und B, die Zone Mittel die bisherigen Zonen C I, und die Zone Süd die bisherigen Zonen C II und C III umfassen.

Wie bisher ist vorgesehen, daß die Mitgliedstaaten die Anreicherung nur zur Alkoholerhöhung bei ungünstigen Witterungsverhältnissen zulassen können.

Die Verfahren, die nach dem neuen Vorschlag für die Anreicherung zugelassen werden sollen, sind weiter gefaßt als bisher.

Im Einzelnen sind dies:

- 1) Konzentration durch Hitze und Kälte**
- 2) Umkehrosmose**
- 3) osmotisch Konzentrierung**
- 4) Zusatz von Mostkonzentrat und RTK**

Speziell für die Gebiete, in denen bisher die Saccharoseanreicherung in der Regel von den Mitgliedstaaten zugelassen wurde, tritt nach dem neuen Vorschlag der EG-Kommission eine entscheidende Veränderung ein.

Der Vorschlag sieht vor, daß entgegen der bisherigen Regelung die Anreicherung durch Saccharosezusatz im Gegensatz zu den genannten technologischen Verfahren nunmehr wie folgt eingeschränkt werden soll:

Tab. 1: Änderungsvorschlag der Europäischen Kommission zur Neuregelung der Weinbauzonen und der Saccharoseanreicherung

	Saccharoseanreicherung maximal:	
	bisher	EU-Vorschlag
Zone N	3.5 Vol % (vorher Zone A) 2,5 Vol % (vorher Zone B)	2 Vol % 2 Vol %
Zone M	2 Vol %	1,5 Vol %
Zone S	2 Vol %	1 Vol %

Für die Bundesrepublik, die in der Weinbauzone N läge, ist also eine Anreicherungsspanne von maximal 2 Vol % vorgesehen. In Jahren mit schlechten Witterungsbedingungen ist durchaus zu erwarten, daß eine Anreicherungsspanne von 2 Vol % nicht ausreicht, um nach unserem Verständnis "selbständige Weine" zu erhalten. In diesem Falle wäre es erlaubt eine weitere, zusätzlich Alkoholerhöhung mit einem der vorgeschlagenen Verfahren also Eindampfung, Gefrierkonzentrierung, RTK-Zusatz oder Umkehrosiose durchzuführen. Gleichzeitig sieht der Vorschlag der EU-Kommission in allen Zonen eine Anhebung der natürlichen Mindestalkoholgehalte vor.

Für einige Regionen war zunächst eine stufenweise Übergangsregelung bis zum Jahr 97/98 vorgesehen, so auch für die Gebiete der jetzigen Zone A. Diese sieht wie folgt aus:

Tab. 2: Übergangsfristen für Mindestmostgewichte, Anreicherungsspannen und Anreicherungshöchstgrenzen innerhalb der Zone N (Änderungsvorschlag der EG-Kommission)

	Zone N	Übergangsfristen		
		95/96	96/97	97/98
Mindestmostgewicht	6 Vol %	5,2 Vol %	5,4 Vol %	5,6 Vol %
Anreicherung mit Saccharose maximal um	2 Vol %	3,2 Vol %	2,8 Vol %	2,4 Vol %
Anreicherung höchstens auf	12 Vol %	--	--	--

Durch die starre Haltung der Interessenvertreter der einzelnen EG-Mitgliedsstaaten sind die Verhandlungen nunmehr ins Stocken geraten. Die Durchsetzung der Änderungsvorschläge durch die EG-Kommission ist daher mit entsprechender zeitlicher Verzögerung zu erwarten.

2 BEKANNTE ARBEITEN ZUR MOSTKONZENTRIERUNG DURCH UMKEHROSMOSE

Während in der Zeit bis etwa 1960 zur Herstellung von Saft- und Mostkonzentraten nur Verdampfungsprozesse und das Ausfrieren Bedeutung hatten, berichtete MORGAN et al. 1965 zum ersten mal über die Fruchtsaftkonzentrierung mittels Umkehrosmose (UO).

Im Anschluß daran untersuchten MERSON und MORGAN (1968) anhand der Fruchtsaftkonzentrierung mit Membranverfahren die Zusammenhänge zwischen Konzentrationsgrad und dem Zucker- und Säureübergang und stellten dabei auch Aromaverluste fest.

PEYNAUD und ALLARD (1970) konzentrierten in den Jahren 1968 und 1969 Moste in 2 Stufen und stellten dabei fest, daß die so gewonnenen Weine denen aus eingedampften Mosten oder ausgefrorenen Mosten hergestellten Weinen, teilweise überlegen waren. Dabei wurden Rohrmodule mit Celluloseacetatmembranen eingesetzt. Die Autoren fanden bei der Produktion von Weinen aus konzentrierten Mosten Zuckerverluste im Bereich von 0,02%. Neben Zucker gingen auch 10% Äpfelsäure verloren. Trotz dieses Äpfelsäureverlustes kam es durch die Volumenminderung immer zu einer Erhöhung der Gesamtsäure. Ein Weinsäureverlust konnte nicht festgestellt werden. Auch der Aschegehalt wurde unterproportional angereichert, da bedingt durch den Weinsteinanfall der Kaliumgehalt reduziert wurde.

Durch Ausflockungen von Eiweißverbindungen stieg auch der Gesamtstickstoffgehalt nicht in dem Maße an, wie es aufgrund der Volumenminderung zu erwarten gewesen wäre.

Insgesamt wurden von den Verfassern die Weine aus Umkehrosmosemosten als deutlich verbessert bezeichnet, besonders gegenüber den Weinen die aus thermisch angereicherten Mosten hergestellt wurden.

NEUBERT (1971) führte in seiner Diplomarbeit an der Justus-Liebig-Universität ebenfalls Versuche zur Konzentrierung von Traubenmost durch, in denen vor allem die Verluste der Äpfelsäure im Vergleich zur kaum permeierenden Weinsäure bestätigt wurden.

In den Jahren von 1973 bis 1975 wurden von PERI und POMPEI et al. Umkehrosmoseversuche mit italienischen Mosten durchgeführt. Sie stellten dabei ebenso wie PEYNAUD und ALLARD (1970) fest, daß die aus solchen Mosten hergestellten Weine eindeutig bessere Qualität hatten als Weine aus Mosten die durch Verdampfung konzentriert wurden. Die Verfasser sahen in diesem Verfahren im Falle eines Verbotes der Trockenverbesserung, durchaus eine mögliche Alternative.

NEUBERT (1976) sowie WUCHERPFENNIG und NEUBERT (1977) führten weitere Versuche zum gleichen Thema durch, in denen zum einen säurereiche, unreife Traubenmoste und zum anderen frühreife, säurearme Moste durch Umkehrosmose konzentriert wurden. Während der Konzentrierung von unreifen, säurereichen Hybridmosten der Sorte Rosella kam

es zu starken Weinsteinausscheidungen, die den Konzentrationsprozess erheblich erschwerten und trotz vorbeugender Entsäuerung und einem Säureverlust von 10 % einen frühzeitigen Abbruch erforderlich machten.

In weiteren Versuchsreihen prüfte NEUBERT (1976) fünf verschiedene Celluloseacetatmembranen der dänischen Firma De Danske Sukkerfabrikker, Nakskov, mit unterschiedlichem Salzzurückhaltevermögen (DDS 999 = 99 %, DDS 995 = 95 %, DDS 990 = 90 %, DDS 985 = 85 % und DDS 975 = 75 %) auf ihre Eignung zur Konzentrierung von Traubenmost.

Auch in diesem Versuch zeigte sich wieder, daß die Äpfelsäure den größten Teil des Gesamtsäureverlustes ausmacht. Der Verlust bewegte sich zwischen 3,9 % (DDS 999) und 16,8 % (DDS 975). Weinsäure wurde wegen der stärkeren Ladung des Säureanions deutlich stärker zurückgehalten. Erwartungsgemäß stieg der Säureverlust mit fallender Salzzurückhaltung der eingesetzten Membran.

Da bei einer Umsetzung von 30 - 35% der Gesamtsäuregehalt trotz des Verlustes von 10,9 g/l im Ausgangsprodukt je nach Typenzahl auf 14,6 g/l bzw. 16,0 g/l anstieg, wurde eine Entsäuerung vor dem Konzentrationsprozess positiv bewertet. Interessant war, daß auch die flüchtige Säure zu einem beträchtlichen Anteil die Membran passierte.

Der Zuckerverlust lag zwischen 0,07 % und 1,8 %. NEUBERT (1976) beurteilte den Verlust von 1,8 % = 6,6 g/l bei der DDS 975 zu hoch um toleriert zu werden.

Der Ascheverlust betrug auch bei der offensten Membran (DDS 975) maximal 5,1 % und war zu vernachlässigen, da auch bei diesem Versuch der Gehalt im Konzentrat (4,5 bis 4,7 g/l) durch die Volumenminderung deutlich höher als in dem Ausgangsmost (3,1 g/l) war.

Aufgrund der unterschiedlichen Konzentrationen einzelner Kationen wurde ein Durchtritt durch die Membranen in der Reihenfolge $K > Ca > \dots > Na$ ermittelt. Der Übergang einzelner Kationen erfolgte damit nicht, wie in Versuchen von SOURIRANJAN (1963 u. 1964) der lyotropen Reihe, die das Ausflockungsvermögen von Ionen beschreibt.

Nach den Konzentrationsversuchen wurden die Weine vergoren und ausgebaut. Bei der Verkostung der Weine stellte man fest, daß sich bei der Verwendung von unreifen Traubenmosten der dafür typische grasige Geschmack, der allerdings nicht analytisch nachgewiesen wurde, durch die Konzentrierung verstärkt hatte. Die Weine aus trocken und naß verbesserten Mosten wurden von den Verkostern eindeutig besser beurteilt.

Bei der Verkostung der Weine aus säurearmen Mosten zeigte sich ein ähnliches Bild wie schon bei der vorangegangenen Versuchsreihe.

Die aus konzentriertem Most hergestellten Weine wurden unabhängig davon ob sie aus stumm- und entschweifelt oder aus KZE-Most hergestellt, schlechter beurteilt als die Weine aus trocken verbesserten Weinen. Vor allem die Weine aus stumm- und entschweifelt Most waren nachher im Bukett deutlich verändert.

Die Weine aus säurearmen Konzentratmosten hatten im Gegensatz zu den säurereichen Mosten keinen "Konzentratgeschmack" oder "rauhem Nachton", wie dies in der ersten Versuchsreihe festgestellt wurde.

Jedoch wurden die Weine aus trocken- und naßverbessertem Most und sogar der Wein aus unangereichertem Kontrollmost, die parallel dazu aus dem gleichen Grundmaterial ausgebaut wurden beim sensorischen Vergleich besser beurteilt.

Im Anschluß an die Arbeit von NEUBERT (1976) beschäftigte sich auch ZÜRN und WUCHERPFENNIG (1979 und 1981) mit den Anwendungsmöglichkeiten der Umkehrosmose zur Verbesserung der Qualität von Wein und Most.

Mit einem Rohrmodul der Firma Abcor-Dürr der eine Membran des Typs AS-197 (NaCl-Rückhaltung = 96 - 98 % und Membranfläche = 0,883 m²) beinhaltet, wurden die Konzentrationsversuche durchgeführt.

Die Moste wurden entsprechend des Konzentrierungsgrades vor der Behandlung entsäuert und EK-filtriert. Um eine störende Weinsteinanfallung während der Konzentrierung zu vermeiden wurde zudem eine mehrtägige Lagerung in einer Kühlzelle bei 4 °C vorgenommen. Durch die Konzentrierung, die bei 75 - 85 bar durchgeführt wurde, zeigte sich mit steigender Konzentrierung (90° Oe und 104° Oe) auch ein geringfügiger Anstieg des Zuckerverlustes von 1,6 auf 1,8 %. Der Ascheverlust stieg von 2,7 auf 4,9 % und der Gesamtsäureverlust immerhin von 7,4 % auf 14 %.

ZÜRN bestätigte damit, daß zwischen Ausgangskonzentrationen an Inhaltsstoffen und der Permeabilität dieser Stoffe ein unmittelbarer Zusammenhang besteht.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen ging hervor, daß bei der Umkehrosmosebehandlung auch eine Erhöhung der Aminosäuren erfolgt.

Die Gärungsverläufe der einzelnen Versuche waren sehr unterschiedlich. Während in einem Versuch die mit Saccharose angereicherte Variante wesentlich schneller mit der Gärung begann, war die Gärintensität und sogar der Endvergärungsgrad in einem anderen Versuch bei dem Konzentratmost deutlich höher.

Die ausgebauten Weine zeigten nach ZÜRN (1976) weder analytisch noch sensorisch Nachteile gegenüber der Trockenanreicherung.

Ein von den oben genannten Verfassern festgestellter grüner oder grasiger Konzentratgeschmack konnte auch bei der Verarbeitung von unreifen und säurereichen Mosten niedriger Qualitätsstufen nicht nachgewiesen werden.

Bei der Herstellung von Weinen aus hochkonzentrierten Mosten, die dann mit nicht angereicherten Mosten verschnitten wurden zeigten sich keinerlei Vorteile gegenüber der direkten Vergärung von nur konzentriertem Most. Aus wirtschaftlichen Gründen ist daher nach Auffassung des Autors die direkte Vergärung von teilkonzentrierten Mosten vorzuziehen.

NAKANISHI führte in der Fa. Daicel Chemical Ind. Ltd. Umkehrosmoseversuche durch, bei denen ebenfalls die am häufigsten vertretene Celluloseacetatmembran eingesetzt wurde.

Es wurde eine einstufige UO-Anlage, ausgestattet mit einem Rohrmodul (Durchmesser = 14,5 mm, Länge = 4,5 m) verwendet.

Mit dieser Anlage war es möglich den Zuckergehalt um das 1,6-fache zu erhöhen. Gleichzeitig erhöhte sich die Säure jedoch nur um das 1,25-fache. Entgegen aller bisherigen Ergebnisse konzentrierte sich in den Versuchen von NAKANISHI die Äpfelsäure etwas stärker auf als die Weinsäure. Er beurteilt diesen Fakt als positiv, da die Frische des Weines nach der Gärung besser erhalten bleibt, was sich auf die sensorische Beurteilung positiv auswirkt.

NAKANISHI vermutet, daß die Erhöhung der Säure und vor allem der Äpfelsäure, dem Wein einen volleren Körper verleiht und eine Wertsteigerung durch mehr Frische und ein besseres Aroma bewirkt.

Neben Protein, Polyphenolen und Zucker untersuchten DRIOLI et al. (1981) bei der Verwendung einer PA 300 UO-Membran die Rückhalteraten von mehreren Mineralstoffen und einigen Metallen.

Hierbei zeigte sich, daß die Mineralien K^+ , Na^+ , Ca^{++} und Mg^{++} zu 95-97 % zurückgehalten wurden. Auch Eisen (Fe^{+++}) und Mangan (Mn^{++}) wurden mit 86 % und 100 % weitgehend zurückgehalten. Lediglich Cu^{++} und Zn^{++} permeierten zu 100 % bzw. 83 % durch die UO-Membrane und werden somit nicht aufkonzentriert.

Auch der Oenologe Prof. Cyriel DUITSCHAEVER, führte 1986 in Kanada im Food Science Dept. der Universität in Guelph Versuche zur Mostanreicherung mittels UO durch und verwendete dabei Moste aus dem Anbaugebiet Niagara Peninsula in Ontario. Der Versuch europäische Rebsorten wie Chardonnay und Riesling in diesen Gebieten anzupflanzen war der Grund für sein Interesse an der Anreicherung mit UO, da die klimatischen Verhältnisse in diesen Regionen aufgrund großer Herbstniederschläge häufig sehr dünne Moste mit geringen Zuckergehalten hervorbringen.

In den durchgeführten Laborversuchen wurde der Zuckergehalt im Most von 18 % auf 30 % angereichert.

Auch Duitschaever stellt nach einer Verkostung mit geübten Prüfern eine deutliche Qualitätssteigerung der so hergestellten Weine fest.

Nach Duitschaever verkosteten sich die vergorenen Weine nach der Mostkonzentrierung wesentlich voller und wiesen auch bei der Verwendung unreifer Trauben keinen negativen Geschmack auf.

Neben Konzentrationsversuchen mit Tomatensaft führte DANIOTH (1988) auch Versuche zur Konzentrierung von Traubenmost durch. Nach vorangegangenen Laborversuchen erwies sich eine Celluloseacetatmembran mit einem Salzzückhaltevermögen von 92 % ($NaCl$ 3500 ppm, bei 40 bar) am geeignetsten. Der Traubensaft wurde mit einer industriellen Anlage, im Batchverfahren von 14,5° Brix auf 22,6° Brix aufkonzentriert. Der Konzentratmost wurde anschließend vergoren und zu Wein ausgebaut. Zwar beschränkte sich die Analyse des

fertigen Weines lediglich auf den Gehalt an Alkohol und Säuren, jedoch berichtet DANIOTH (1988) von einem positiven Degustationsergebnis.

Eine andere Variante der Anreicherung mittels Umkehrosmose untersuchten BUI et al. (1988), die den Alkoholgehalt nicht durch Most-, sondern durch Weinkonzentrierung erhöhten. Hierzu verwendeten sie eine, Umkehrosmosepilotanlage die mit verschiedenen Kompositmembranen aus Polyhydroximethylacryl, Polysulfon und Polypropylen oder Polyester betrieben wurde.

Der Alkoholverlust lag bei etwa 1-3%. BUI et. al. bemerkten, daß bei der Anreicherung durch Zuckerzusatz lediglich der Alkoholgehalt erhöht wird und daraus eine erhöhte Tatratausfällung resultiert.

Mit der Umkehrosmose ist eine Alkoholanreicherung auf bis zu 16 % Vol. möglich. Die Vorteile, die mit dieser Art der Alkoholanreicherung einhergehen sind die gleichzeitige Farberhöhung bei Rotweinen und die Möglichkeit, den Alkoholgehalt des Weines an die jeweiligen Marktgegebenheiten anzupassen.

Ebenfalls im Jahre 1988 veröffentlichten CUÉNAT et al. eine Arbeit, in der sie sich intensiv mit der Umkehrosmose beschäftigten.

Neben einer zukunftsweisenden Übersicht zu den möglichen Einsatzgebieten der Umkehrosmose in der Oenologie wie:

- Herstellung neuer Produkte,
- Ersatz der Trockenanreicherung mit Saccharose,
- Qualitätsverbesserung durch Einsatz selektiver Membranen,
- sowie der Weinsteinstabilisierung,

wurde eine Gegenüberstellung von Umkehrosmose und Evaporation zur Anreicherung von Mosten minderer Qualität gemacht.

Verglichen wurde eine Umkehrosmoseanlage der Fa. DDS des Typs LAB-20 mit HR-Membranen, Salzzückhaltevermögen 95 %, 0,72 m², die bei 16 - 18° C betrieben wurde und eine Evaporationsanlage der Fa. Alfa Laval des Typs Centri-Therm CT1-B, die bei einer Temperatur von 40 °C arbeitete.

Die Analyse von Extrakt, Zucker, Gesamtsäure und Äpfelsäure zeigte, daß mit Ausnahme von Äpfelsäure die Verluste bei der Umkehrosmoseanlage um 50 % niedriger lagen als bei der Evaporation.

In einem weiteren Vergleich wurde die UO der Trockenverbesserung gegenübergestellt. Hierbei ergaben sich im allgemeinen ähnliche Ergebnisse wie bei Untersuchungen der bereits erwähnten Autoren. Die Autoren machten darauf aufmerksam, daß die Membranselektivität besonders bezüglich der Säure noch verbesserungsbedürftig ist.

Durch geringfügige Aufkonzentrierung von Rotweinen kann laut CUÉNAT et al. (1988) eine Qualitätsverbesserung erreicht werden, die deutlich höhere Endverbraucherpreise rechtfertigt.

Durch die Volumenreduzierung und die Nichtverwertbarkeit des Filtrates sowie durch die Amortisationskosten einer entsprechend dimensionierten UO-Anlage entstehen deutlich höhere Kosten gegenüber dem konventionellen Anreicherungsverfahren. Daher seien auch deutlich höhere Preise erforderlich um diese Kosten zu kompensieren.

RUF und WIDMER (1988) beschäftigten sich sehr ausführlich mit dem Verlust von Aromastoffen durch die Umkehrosmosebehandlung. Bei Konzentrierungsversuchen mit Apfelmusten stellten sie fest, daß sich Kompositmembranen bezüglich der Rückhalteraten gegenüber Aromastoffen am besten eignen. Für die drei Gruppen Alkohole, Ester und Aldehyde ermittelten sie durchschnittliche Rückhalteraten von 85 bis 95%. Sogar bei der Verwendung von Ultrafiltrationsmembranen mit einem Cut-off von etwa 5000 (= relativ großporig bezogen auf die Molekülgröße der Aromen) stellten die Autoren noch Rückhaltewerte von 50 bis 65% fest.

GUIMBERTEAU et al. (1989) machten 1988 ebenfalls UO-Versuche, wobei sie zwei verschiedenen Vorbehandlungen der zu konzentrierenden Moste verglichen. Sie verwendeten dabei Celluloseacetatmembranen und verarbeiteten zum einen Moste, die lediglich durch Entschleimung bei 10 bis 13°C vorgeklärt waren und zum anderen durch Flotation geklärte Moste.

Bezogen auf die Rückhalteraten von Zucker, Gesamtsäure, phenolischer Substanzen sowie die Veränderung des pH-Wertes, bestätigten sich im wesentlichen die Ergebnisse der Vergangenheit. Die Gehalte an flüchtiger Säure zeigten jedoch entgegen den Versuchsergebnissen von NEUBERT (1976) keine Veränderung. Das bedeutet, daß der Übergang von flüchtiger Säure bezogen auf den Wasserentzug proportional verlief.

BERGER (1991) stellte im Rahmen seiner Konzentrierungsversuche mit französischen Traubenmosten fest, daß nicht nur Temperatur, Druck und Vorbehandlung der Moste die Rückhalterate beeinflussen. Vielmehr war nach seinen Ergebnissen auch die Anordnung der Module von großer Bedeutung. Es zeigte sich, daß bei einer Parallelschaltung der UO-Module eine maximale Wasserabtrennung möglich war, wobei jedoch ein geringer Zuckerverlust nicht vermieden werden konnte. Eine serielle Anordnung der Module erlaubt zwar eine 100 %ige Zuckerrückhaltung, sie war jedoch aufgrund der geringen Permeatleistung wirtschaftlich nicht interessant.

Auch hier zeigte sich bei den Weinen trotz eines gewissen Säureverlustes durch die Aufkonzentrierung, eine leichte Erhöhung der Gesamtsäure (0,3 bis 0,6 g/l), die jedoch nach dem biologischen Säureabbau und der Weinsteinstabilisierung der Weine nur noch 0,2 bis 0,4 g/l betrug.

Speziell bei südländischen Weinen und in säurearmen Jahrgängen bewertet BERGER (1991) diesen Sachverhalt als positiv. Ebenso wie in anderen Versuchen zeigte sich auch bei seinen

Versuchen ein relativ geringe Veränderung der pH-Werte, was auf die gleichzeitige Erhöhung der Mineralstoffe zurückzuführen ist.

Entgegen den Ergebnissen von DRIOLI et al. (1981) fand BERGER zwischen Kupfer und Eisen keine unterschiedlichen Rückhalteraten, sondern stellte vielmehr eine leicht unterproportionale Anreicherung dieser Metalle fest.

Die stärkste Veränderung zeigten die phenolischen Substanzen und die Farbstoffe. Sie stiegen proportional mit dem entzogenen Wasservolumen.

Sensorisch stellte BERGER (1991) keine deutlichen Qualitätsunterschiede zwischen der Trockenanreicherung und der UO fest. Vereinzelt wurden die Weine aus UO etwas jünger, schwerer und etwas mehr adstringierend im Geschmack beurteilt.

Bereits 1992 führte BERGER (1992) seine Versuche zur UO weiter und zeigte, daß je nach Membran die zum Einsatz kommt, bei der Vorbereitung des Mostes teilweise nur wenig Aufwand erforderlich ist.

Er führte beispielsweise Teilkonzentrierungen von Mosten durch, die lediglich durch Absetzenlassen vorgeklärt waren. Hierbei wurde nach ca. 24 h die Klarphase (50 % der Gesamtmenge) abgezogen, aufkonzentriert und dann der Gesamtmenge zur Vergärung wieder zugesetzt.

Der Autor stellte zudem fest, daß die qualitative Verbesserung bei Rotweinen deutlicher zu erkennen war als bei Weißweinen, was besonders auf die Farberhöhung und eine Verbesserung der Struktur zurückzuführen war. Außerdem wurde bei Rotweinen aus UO-Mosten ein besseres Alterungsverhalten festgestellt.

Auch CUÉNAT (1992) machte in der Schweiz weiterführende Untersuchungen zur UO. Dabei wurde speziell die Freisetzung von Weinaromen hinterfragt. Es zeigte sich, daß die Aromavorstufen der Most durch die leichte Aufkonzentrierung ebenfalls angereichert wurden. In Müller-Thurgau Weinen konnten durch den Zusatz von Enzympräparaten mit spezifischen glykosidischen Aktivitäten, gebundene Terpene freigesetzt werden. Die freigesetzten Terpene sind sehr geruchsintensiv und erhöhten das Aroma der Weine.

3 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

3.1 Das Prinzip der Umkehrosmose

Die Umkehrosmose hat in der Meer- und Brackwasseraufbereitung ihre Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit vielfach bewiesen. Seit der Einführung von Membranen findet die Umkehrosmose aber auch zunehmend Einsatz bei spezifischen Trennproblemen von wäßrigen Lösungen in der Getränkeindustrie, da hier gegenüber alternativen Trennverfahren eine Hitzebelastung nicht oder kaum stattfindet. So wurde nach ersten Anwendungen in der Aufkonzentrierung von Fruchtsäften bereits in den 70er Jahren mit grundsätzlichen Untersuchungen in der Verarbeitung von Traubensäften begonnen. In der Regel werden Umkehrosmosefiltrationen analog zu der bekannten Crossflow-Mikrofiltration, als dynamische Prozesse (Querstromfiltration) angewandt, bei denen ein Feedstrom im Kreislauf über die Membranoberfläche geführt wird, während nur ein Teilstrom als Permeat die Membran passiert.

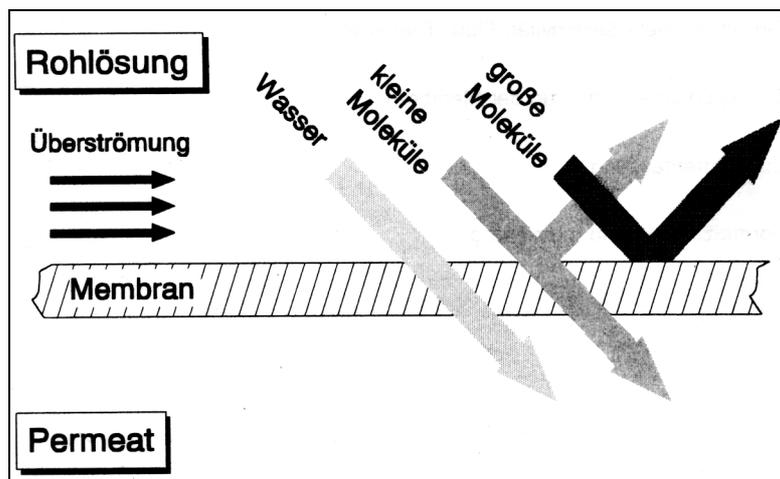
Um das Prinzip der Umkehrosmose zu erklären, ist es sinnvoll zunächst den Begriff der Osmose zu betrachten. Unter Osmose versteht man das Zustandekommen eines Konzentrationsgleichgewichtes zwischen zwei in einem Behältnis befindlichen Flüssigkeiten, die durch eine semipermeable Membran getrennt sind. Dabei erfolgt der Konzentrationsausgleich durch die einseitige Diffusion des Lösungsmittels der schwächer konzentrierten Flüssigkeit zu der Seite der stärker konzentrierten Flüssigkeit. Die treibende Kraft ist hierbei die osmotische Druckdifferenz ($\Delta\pi$) zwischen den Flüssigkeiten, die direkt von der Molzahl der gelösten Stoffe abhängig ist. Je größer also der Konzentrationsunterschied zwischen den beiden Flüssigkeiten, desto größer ist die osmotische Druckdifferenz, mit der das Lösungsmittel zur Diffusion durch die Membran gezwungen wird. Dabei entsteht jedoch durch den Fluß des Lösungsmittels auch eine hydrostatische Druckdifferenz zwischen den beiden Flüssigkeiten (Δp). Die Diffusion endet dann, wenn die osmotische Druckdifferenz der hydrostatischen Druckdifferenz der gegenüberliegenden Seite gleich ist und es stellt sich ein sogenanntes osmotisches Gleichgewicht ein ($\Delta p = \Delta\pi$).

Übersteigt die transmembran angelegte Druckdifferenz die Differenz der osmotischen Drücke ($\Delta p > \Delta\pi$), so erfolgt eine der Osmose entgegengesetzte Diffusion des Lösungsmittels und es kommt zur weiteren Aufkonzentrierung. Dieser Prozeß wird als Umkehrosmose bezeichnet.

Bei der Umkehrosmose ist demnach die treibende Kraft für den Transport einer wäßrigen Komponente primär die Nettodruckdifferenz ($\Delta p - \Delta\pi$), die zwischen den beiden Seiten einer Membran vorherrscht.

Im weitesten Sinne ist auch die Umkehrosmosemembran ein Filter, und es erfolgt wie bei der normalen Filtration eine Trennung dadurch, daß mindestens eine Komponente des zu trennenden Gemisches die Membran passieren kann, während andere Komponenten mehr oder weniger stark zurückgehalten werden (Abb. 1).

Abb. 1: Schematische Darstellung des Trennverhaltens von Membranverfahren (RAUTENBACH 1996)



Im Gegensatz zu herkömmlichen Filtern erlauben Membranverfahren wie die Umkehrosmose, eine Trennung bis in den molekularen Bereich und stehen damit auch in der Aufkonzentrierung von Säften in Konkurrenz zu klassischen Verfahren wie beispielsweise der Destillation und der Adsorption (RAUTENBACH 1996).

3.2 Grundlagen zum Membrantrennprozeß

Kern aller Membranverfahren ist natürlich die Membran selbst, mit den örtlich an und in ihr stattfindenden Transportvorgängen. Von zentraler Bedeutung sind hierbei die Selektivität, d.h. die Fähigkeit zwischen zwei Komponenten eines Gemisches zu unterscheiden und die Leistungsfähigkeit der Membran, d.h. der Permeatfluß unter bestimmten Betriebsbedingungen.

Die Selektivität ist ein Maß für die Trennschärfe von Membranen und wird bei der Umkehrosmose häufig durch das Rückhaltevermögen für bestimmte Komponenten oder der sogenannten Rückhalterate der Dimension (%) ausgedrückt. Der Fluß, auch Flux genannt, ist der auf die Fläche bezogene Stofftransport durch die Membran und hat daher die Dimension

Masse/Fläche * Zeit. Der Gesamtfluß ist hierbei ein Mittelwert aus den Partialflüssen entlang der Membran.

Fluß und Selektivität werden durch den Stofftransport in der Membran (Membrantrenncharakteristik) bestimmt. In der Literatur werden diverse Ansätze zur halbempirischen Modellierung des Stofftransportes in Membranen diskutiert. Einen guten Überblick über derartiger Transportmodelle geben die Ausführungen von MASON u. LONSDALE (1993), MEARES (1976) UND MERTEN (1966), auf die an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

Im wesentlichen werden zwei unterschiedliche Mechanismen, die für den Stofftransport bzw. die Permeation verantwortlich sind unterschieden. Der im einfachsten Fall, rein konvektive Transport durch die Poren und der Transport aufgrund von Diffusion, wobei hier die transportierte Komponente in der Membranphase gelöst sein muß.

Vereinfacht werden Membranen daher entweder als reine Porenmembranen oder als reine Lösungs-Diffusions-Membranen betrachtet. In realen Membranen finden diese beiden Transportmechanismen jedoch häufig nebeneinander statt.

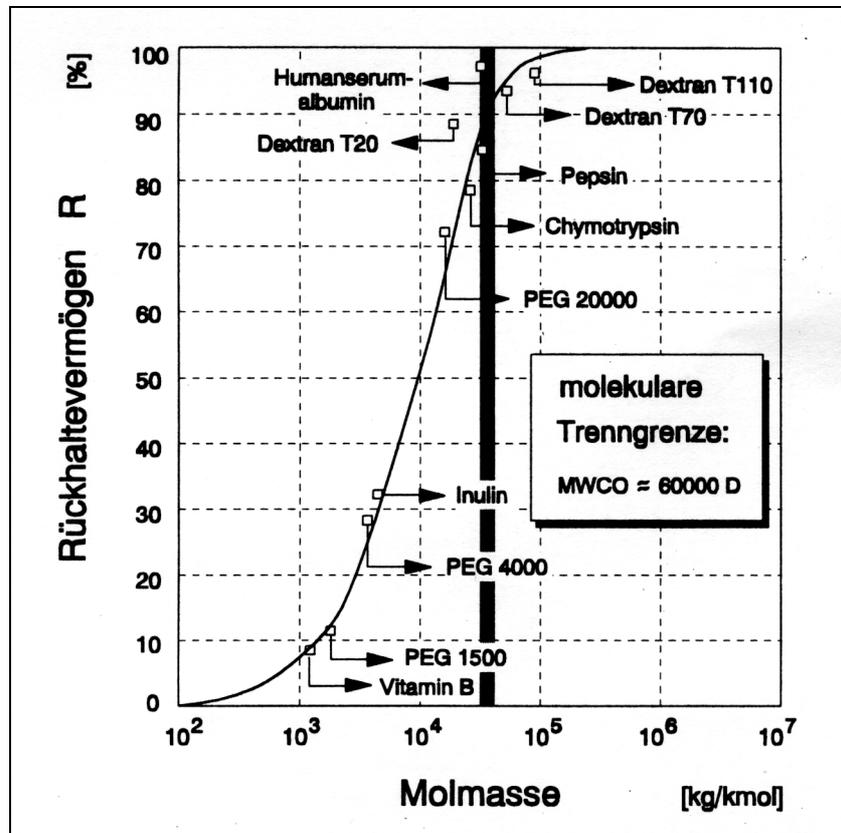
Die Prozesse der Umkehrosmose (RO = revers osmosis) beruhen auf dem Einsatz von Lösungs-Diffusions-Membranen (RAUTENBACH 1996).

Im folgenden werden beide Grundmodelle des Stofftransportes in Membranen kurz beschrieben.

3.2.1 Porenmodell

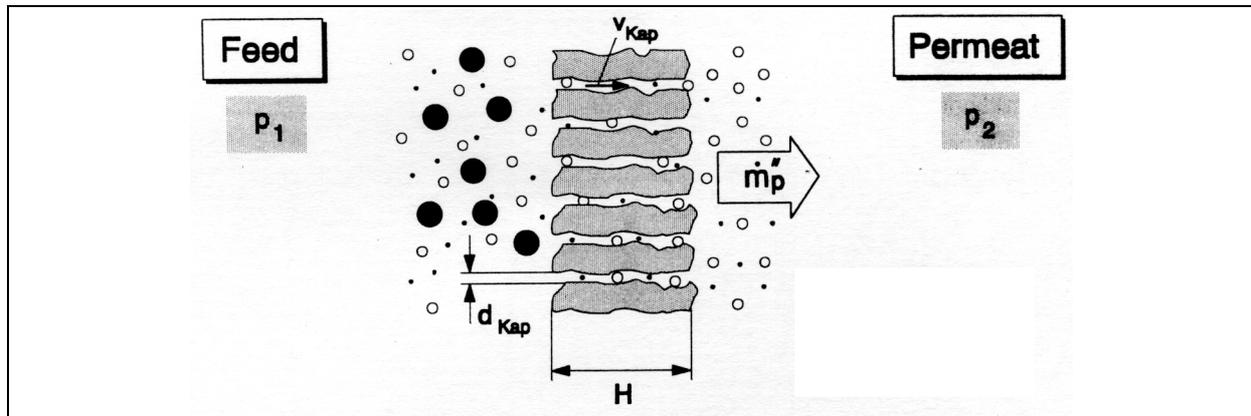
Bei dem Porenmodell geht man davon aus, daß der Fluß des Lösungsmittel durch die Membran mit Hilfe der aus der Filtrationstheorie bekannten Carman-Konzey-Beziehung zu beschreiben ist. Sind die Porengrößen einer Membran und die Größe (Molmasse) der abzutrennenden Substanzen von gleicher Größenordnung, so werden aufgrund der stets vorhandenen Streuung in der Porenverteilung die Substanzen teils zurückgehalten, teils werden sie durch die Membran permeieren. Die Abscheidung erfolgt hier also lediglich aufgrund der Siebwirkung einer porösen Membran. Daher ist die Selektivität der Porenmembran durch die experimentell zu bestimmende Fraktionsabscheidekurve zu charakterisieren (Abb. 2).

Abb. 2: Trennkurve einer Porenmembran Trenngrenze ca. 600.000 Dalton (RAUTENBACH 1996)



Die Kurve steht im Zusammenhang mit der Porengrößenverteilung der Membran und zeigt mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Teilchen bestimmter Molmasse von der Membran zurückgehalten wird.

Unter der Annahme, daß die Strömung durch poröse Membranen einer Strömung durch Haufwerke entspricht und die Membran selbst ein System parallel geschalteter Kapillaren ist, ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen Permeatfluß und Druckdifferenz als treibende Kraft (Abb. 3).

Abb. 3: Modell einer Porenmembran (RAUTENBACH 1996)

Dieser lineare Zusammenhang, der sich in der Praxis immer wieder bestätigt, läßt sich nach der Formel

$$V_p = \frac{m''_p}{\rho_p} = A \Delta p$$

Zeichen	Dimension	Bedeutung
V_p	$l/m^2 s$	Permeatfluß
m''_p	$kg/m^2 s$	flächenspez. Massenstrom
ρ_p	kg/m^3	Dichte des Permeats
A	$kg/m^2 s bar$	Membrankonstante
Δp	bar	Druckdifferenz

ermitteln.

Die Ermittlung der Membrankonstante (A) erfolgt dabei durch einen Permeationsversuch mit reinem Wasser. In der Praxis werden bei der Querstromfiltration jedoch meist Medien filtriert, die aufgrund ihrer Inhaltsstoffe zur Deckschichtbildung neigen. D.h. die von der Membran zurückgehaltenen Stoffe bilden einen Belag (Sekundärschicht), der sowohl den Filtratfluß als auch die Trenncharakteristik weit mehr beeinflusst als die Membran selbst (RAUTENBACH 1996).

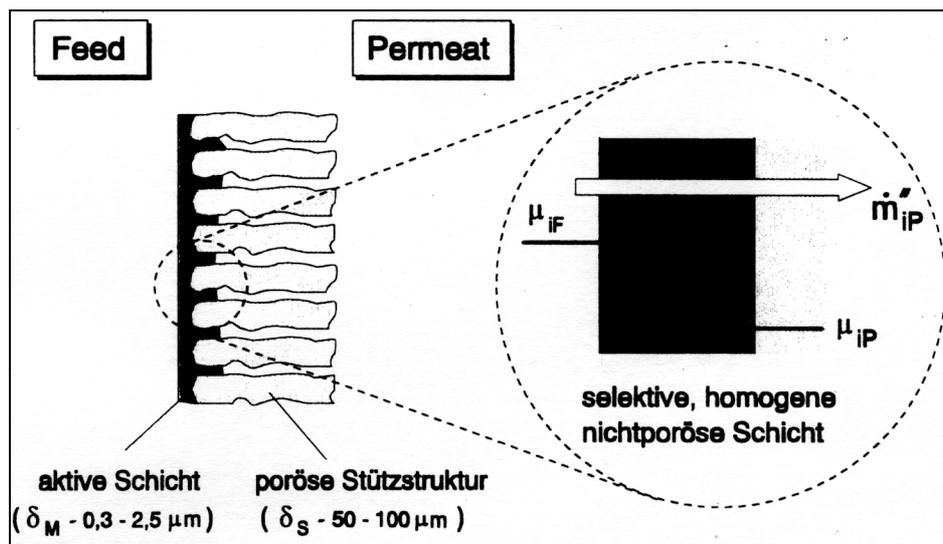
3.2.2 Lösungs-Diffusions-Modell

Liegen die Molmassen der zu trennenden Stoffe sehr nahe beieinander, wie beispielsweise bei Umkehrosmoseanwendungen, bei der die Trennung von Wasser und anorganischen Ionen im Vordergrund steht, reicht das Porenmodell als Erklärung nicht aus.

Die Selektivität und Semipermeabilität von Umkehrosmosemembranen läßt sich daher treffender durch das Lösungs-Diffusions-Modell (LDM) beschreiben (REID 1972).

Hierbei werden asymmetrische sogenannte Lösungs-Diffusions-Membranen als Zwei-Zonen Modell angesehen. Für die Trenncharakteristik verantwortlich ist hierbei eine porenfreie Lösungs-Diffusionsschicht während die poröse Stützschicht lediglich zur Stabilisierung bzw. als Trägermaterial für die aktive Lösungs-Diffusionsschicht dient.

Abb. 4: Model einer Lösungs-Diffusions-Membran (RAUTENBACH 1996)



Das Lösungs-Diffusions-Modell sieht die Polymermembran wie eine reale Flüssigkeit, in der sich die permeierenden Stoffe lösen und diffusiv entlang des Gradienten ihrer treibenden Kraft transportiert werden. Geht man von rein diffusivem Transport durch die Membran aus, so lautet die allgemeine Formel der Transportgleichung nach dem LDM

$$\text{Fluß} = \text{Konzentration} * \text{Beweglichkeit} * \text{Triebkraft.}$$

Danach ist der Fluß einer Komponente durch eine Membran gleich dem Produkt aus Konzentration dieser Komponente in der Polymerphase, Mobilität und der Triebkraft für den molekularen Transport.

Die Mobilität ist hierbei ein Maß für die Bewegungsfreiheit eines Premeandmoleküls innerhalb des Polymers und im wesentlichen abhängig von den Membraneigenschaften. Die Konzentration bezieht sich auf die Menge des von der Membran aufgenommen Permeanden und ist von den Membraneigenschaften sowie den thermodynamischen Bedingungen abhängig. Die Triebkraft ist abhängig von Temperatur, Druck und Konzentration in den beiden äußeren Phasen der Polymerschicht und stellt damit eine Prozeßvariable dar.

Der Gradient des chemischen Potentials in der Membranphase stellt somit die treibende Kraft für den Stofftransport dar, wobei der Fluß nur in Richtung abnehmenden Potentials stattfindet. Die Differenz der chemischen Potentiale einer Komponente zu beiden Seiten der Membran ist jedoch im Fall der zurückgehaltenen Komponente immer größer als die der bevorzugt permeierenden Komponente.

Unter der Annahme, daß die Gesamtkonzentration in der Membran als Summe der Konzentrationen an gelösten Komponenten und der Konzentration des Wassers, konstant ist, können bei der Trennung von organisch/wäßrigen Lösungen, zur Berechnung der Partialflüsse des Wassers und der organischen Komponente die Formeln

$$m''_w = A \cdot x \left(1 - \frac{C_{i,M}}{C_{ges,M}}\right) x (\Delta p - \Delta \pi_w)$$

$$m''_i = B \cdot x \frac{C_{i,M}}{C_{ges,M}} x (\Delta p - \Delta \pi_i)$$

herangezogen werden.

Zeichen	Dimension	Bedeutung
m''_w	kg/m ² s	flächenspez. Massenstrom Wasser
m''_i	kg/m ² s	flächenspez. Massenstrom Komponente
$C_{i,M}$	kmol/m ³	Molenkonzentration der Komponente i.d. Membran
$C_{ges,M}$	kmol/m ³	Molenkonzentration gesamt i. d. Membran
Δp	bar	hydrostatische Druckdifferenz
$\Delta \pi_w$	bar	osmot. Druckdifferenz (Wasser)
$\Delta \pi_i$	bar	osmot. Druckdifferenz (Komponente)
$A \cdot$	kg/m ² s bar	Membrankonstante (Wasserfluß)
$B \cdot$	kg/m ² s bar	Membrankonstante (Salzfluß)

An den Gleichungen wird bereits die Bedeutung der Druckdifferenzen als Prozessvariable deutlich. Die Modellparametern A^* und B^* können im interessierenden Arbeitsbereich näherungsweise als konstant angesehen werden.

Bei der Anwendung der Gleichungen müssen daher diese Parameter experimentell mit der zur Diskussion stehenden Membran und dem entsprechenden Stoffgemisch ermittelt werden.

Das Konzentrationsverhältnis an organischen Komponenten zur Gesamtkonzentration an permeierenden Komponenten in der Membran gibt im wesentlichen das Sorptionsverhalten der Membran wieder und kann mit Hilfe geeigneter Sorptionsisothermen in Abhängigkeit von der Feedkonzentration rechnerisch ermittelt werden.

Trotz der Unterschiedlichkeit der einzelnen Membranverfahren in der Prozeßführung und ihren Einsatzgebieten läßt sich somit eine einheitliche Darstellung für den Stofftransport in der Membran finden. Bei der Umkehrosmose können derartige halbempirische Transportgleichungen abgeleitet werden (RAUTENBACH 1996).

3.3 Triebkraftmindernde Effekte

Bei alleiniger Betrachtung der beschriebenen Transportmodelle, die lediglich den Stofftransport in der aktiven Membran berücksichtigen, würde die Leistung bei Membrantrennverfahren überschätzt werden. In der praktischen Anwendung treten neben dem eigentlichen Transportwiderstand der aktiven Membran weitere Transportwiderstände auf, die sowohl zu Leistungseinbußen als auch zu Veränderungen der Selektivität führen.

Hierbei sind folgende lokalen Transportwiderstände zu nennen:

- Druckverluste in Feed und Permeat (Triebkraftverluste)
- Konzentrationspolarisation auf der Seite der Rohmischung (Feedseite)
- die Konzentrationsprofile in der porösen Stützschrift asymmetrischer Kompositmembranen
- Druckverluste bei der Durchströmung der porösen Stützschrift
- die Konzentrationspolarisation auf der Permeatseite

Während bei der Umkehrosmose die Druckverluste bei der Durchströmung der Stützschrift und die Konzentrationspolarisation auf der Permeatseite wegen ihres geringen Einflusses vernachlässigt werden können, haben die feed- und permeatseitigen Druckverluste sowie die dort auftretenden Konzentrationspolarisationen einen großen Einfluß auf den Stofftransport (RAUTENBACH 1996).

3.3.1 Druckverluste in Feed und Permeat

Die Triebkraft für eine durch eine Membran permeierende Komponente einer Mischung ist bei der Umkehrosmose ausschließlich die Differenz des chemischen Potentials dieser Komponente zu den beiden Seiten der Membran. Die für die Triebkraft hergeleitete Beziehung

$$\Delta\mu = \sum_i^o [(p_F - p_P) - (\pi_{iF} - \pi_{iP})]$$

$$= \sum_i^o (\Delta p - \Delta\pi_i)$$

Zeichen	Dimension	Bedeutung
μ	kJ/mol	chemisches Potential
\sum_i^o	m ³ /kmol	partiell molares Volumen
p_F	bar	Feeddruck
p_P	bar	Permeatdruck
π_{iF}	bar	osmotischer Druck der Komponente i feedseitig
π_{iP}	bar	osmotischer Druck der Komponente i permeatseitig

läßt daher erkennen, daß durch Druckverluste sowohl auf der Feed- als auch auf der Permeatseite der Membran lokale Verschiebungen der Druckdifferenzen auftreten und die Triebkraft negativ beeinflussen können. D.h. beispielsweise, je größer der Druckverlust auf der Feedseite (abhängig von der Modulbauart und -geometrie) bei gleichbleibenden Bedingungen auf der Permeatseite, desto geringer wird die partielle Triebkraft am Ende der Laufstrecke über die Membran.

3.3.2 Feedseitige Konzentrationspolarisation

Zunächst werden alle Komponenten einer zu trennenden Mischung entsprechend dem Permeatfluß konvektiv und diffusiv aus dem Kern der Strömung an die Membranoberfläche transportiert. Durch die Selektivität der Membran steigt jedoch die Konzentration der zurückgehaltenen Komponenten an der Membranoberfläche in Abhängigkeit von dem Permeatstrom an (Konzentrationsüberhöhung). Dadurch entsteht gleichzeitig ein entsprechender Konzentrationsabfall der bevorzugt permeierenden Komponente. Diesen negative Konzentrationsgradient bezeichnet man als Konzentrationspolarisation.

Im stationären Zustand müssen diese Komponenten bei derartigen Konzentrationsprofilen in den Kern der Strömung zurücktransportiert werden. Da die feedseitige Strömung in unmittelbarer Nähe der Membran laminar ist, kann dieser Rücktransport nur diffusiv erfolgen.

Die Konzentrationspolarisation führt somit zu Verschlechterung des Trennergebnisses, da die Triebkraft d.h. der Fluß der bevorzugt permeierenden Komponente verringert und die Qualität des Permeats verschlechtert wird.

Bei geringen Permeatflüssen ist die Konzentrationsüberhöhung ebenfalls gering, so daß auch in unmittelbarer Nähe der Membran alle Komponenten der Mischung in der Regel noch in gelöster Form vorliegen. Hier überwiegt der Membranwiderstand und man spricht daher von einem membrankontrollierten Stoffaustausch.

Bei hohen Permeatflüssen die häufiger bei Porenmembranen in der Ultra- und Mikrofiltration vorkommen, zeigt sich in der Regel eine starke feedseitige Konzentrationspolarisation. Die zurückgehaltenen Komponenten können in diesem Fall ihre Grenzkonzentration überschreiten. Es kommt dann zur Ausfällung (Kristallisation, Scaling) oder zum sogenannten kolloidalen Fouling d.h. die zurückgehaltenen Stoffe bilden eine Deckschicht auf der Membranoberfläche. In diesem Fall ist das System Deckschicht/Membran leistungsbestimmend, was soweit führen kann, daß die Membranwiderstände gegenüber dem Deckschichtwiderstand vernachlässigt werden können. Man spricht dann von einem deckschichtkontrollierten Stoffaustausch.

In beiden beschriebenen Fällen kann das Konzentrationsprofil durch die Strömungsführung entlang der Membran beeinflusst werden.

3.3.3 Konzentrationspolarisation in der porösen Stützschrift

Analog zur Konzentrationspolarisation auf der Feedseite, hat das sich an der Grenze zwischen der aktiven Membranschicht und der porösen Stützschrift einstellende Konzentrationsprofil auf die permeatseitige Triebkraft einen Einfluß. Je nach Strömungsführung von Feed und Permeat im Modul kann die örtliche Konzentration im Permeatkanal direkt unterhalb der Membran selbst stark von der dort produzierten Permeatqualität abweichen.

Ist die Konzentration des örtlich anfallenden Permeates höher als diejenige im Permeatkanal, so wirkt die poröse Stützschrift als starke Diffusionsbarriere und behindert somit den Stoffaustausch (RAUTENBACH 1996).

3.4 Das Wickelmodul

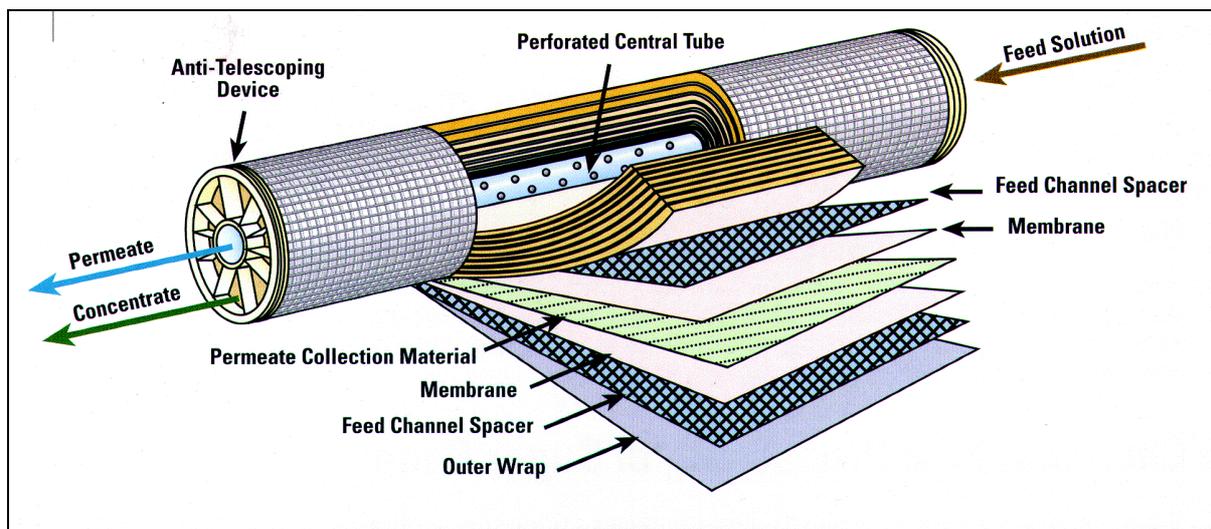
Da für die Konzentrationsversuche ausschließlich Spiralwickelmodule eingesetzt wurden, soll diese Modulbauform im folgenden kurz besprochen werden.

Beim Wickelmodul werden eine oder mehrere Membrantaschen zusammen mit je einem netzähnlichen Kunststoffgewebe (Retentatspacer) spiralförmig um ein Permeatsammelrohr gewickelt. Dabei bestehen die Membrantaschen aus zwei Membranen, zwischen denen ein

feines Kunststoffgewebe (Permeatspacer) liegt. Während die Taschen an drei Seiten geschlossen sind, ist die vierte Seite offen und wird an das perforierte Permeatrohr angeschlossen.

Die zu trennende Flüssigkeit tritt als sogenannter Feedstrom stirnseitig ein und strömt axial durch das Modul. Das Permeat fließt innerhalb der porösen Stützschrift spiralförmig dem Sammelrohr zu um von dort aus zentral abgeleitet zu werden.

Abb. 5: Schematischer Aufbau eines Wickelmoduls



Die feedseitigen Spacer dienen dabei nicht nur als Abstandhalter für die beiden Membranen, sondern haben außerdem die Aufgabe besonders bei geringen Überströmungsgeschwindigkeiten, durch Verwirbelung des Feedstroms der Konzentrationspolarisation entgegenzuwirken und damit den Stoffaustausch positiv zu beeinflussen.

Die wesentlichen Nachteile des Spiralwackelmoduls gegenüber anderen Modulbauarten liegen in der schlechten Reinigungsmöglichkeit, da diese Modulart in der Regel weder rückspülbar noch mechanisch zu reinigen sind und in den zum Teil langen permeatseitigen Strömungswegen.

Vorteile sind die hohe Packungsdichte ($< 1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$) sowie die relativ einfache und kostengünstige Fertigung.

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Analysenmethoden

Zur Ermittlung der Veränderungen der Moste und der daraus hergestellten Weine wurden folgende Kennzahlen ermittelt:

- Mostgewicht
- Dichte 20/20
- Leitfähigkeit
- vorhandener Alkohol
- Gesamtalkohol
- Gesamtextrakt
- zuckerfreier Extrakt
- Restextrakt
- Zucker vor Inversion
- Zucker nach Inversion
- pH-Wert
- Gesamtsäure
- flüchtige Säure
- Weinsäure
- Äpfelsäure
- L-Milchsäure
- Zitronensäure
- freie schweflige Säure
- gesamte Schwefelige Säure
- Glycerin
- Gesamtphenole
- Kolloide
- Farbe
- Anthocyanidine
- Asche
- Kalium
- Natrium
- Calcium
- Magnesium
- Chlorid
- Nitrat
- Phosphat
- Sulfat
- Eisen
- Kupfer
- Zink
- Blei

Während der Konzentrierungsversuche wurde das **Mostgewicht** zur Ermittlung des Endpunktes der Anreicherung mittels Mostwaage (Aräometer) bestimmt.

Die Bestimmung von **Dichte**, erfolgte mit dem Biegeschwinger. Die mit dem Refraktometer ermittelte Refraktionszahl, stellt zusammen mit der Dichte die Grundlage für die Bestimmung von **vorhandenem Alkohol** und **Gesamtextrakt** dar. Die Ableitung erfolgte hierbei nach der rechnerischen Methode von MÜLLER und WÜRDIG (1981). Eine damit kombinierte Meßzelle ermöglichte gleichzeitig die direkte Bestimmung der **Leitfähigkeit**.

Zucker vor der Inversion und **Zucker nach der Inversion** wurden nach der Methode von Rebelein titrimetrisch bestimmt. Die Inversion erfolgte durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure (TANNER und BRUNNER 1987).

Sowohl die Bestimmung des **zuckerfreien Extraktes** und des **Restextraktes**, als auch die Ermittlung des **Gesamtalkoholgehaltes** erfolgte rechnerisch nach WÜRDIG und WOLLER (1989).

Die **Weinasche** wurde nach der Schnellmethode von MÜLLER und WÜRDIG (1985) auf konduktometrischem Wege aus Dichte, Refraktionszahl und Leitfähigkeit ermittelt

Die **freie** und **gesamte schwefelige Säure** wurde durch jodometrische Titration ermittelt.

Die **flüchtige Säure** wurde durch eine Wasserdampfdestillation nach dem Halbmikroverfahren abgetrennt und mit Natronlauge titrimetrisch bestimmt (TANNER und BRUNNER 1987).

Der **pH-Wert** wurde mit einem pH-Meter elektrometrisch bestimmt. Die Ermittlung von **Milchsäure, Zitronensäure** und **Glycerin** erfolgte enzymatisch nach den Anleitungen zu Lebensmittelanalytik von BÖHRINGER (1989).

Die **Wein-** und **Äpfelsäure**bestimmung erfolgte parallel mittels HPLC. Die titrierbare **Gesamtsäure** wurde mittels pH-Meter durch Titration mit verdünnter Lauge bis zum Endpunkt pH-7 bestimmt. Die Angabe erfolgte in g/l Weinsäure.

Der Gehalt an **Gesamtphenolen** wurde in alkalischem Milieu mit dem Folin-Ciocalteu-Reagenz photometrisch bei einer Wellenlänge von 720 nm gemessen. Die Angabe erfolgte in mg/l Catechin (TANNER und BRUNNER 1987).

Die Bestimmung der **Kolloide** wurde im Fachgebiet Weinanalytik und Getränkeforschung der Forschungsanstalt Geisenheim durch Gelfiltration (FPLC-Verfahren) durchgeführt.

Die **Farbe** wurde photometrisch durch Extinktionsmessung bei 420 und 520 nm ermittelt. Die **Fabintensität** errechnet sich hierbei aus der Summe der beiden Extinktionswerte und stellt ein Maß für die Summe der Braun- und Rotkomponenten des Mostes oder Weines dar (TANNER und BRUNNER 1987). Die Messung der **Antocyanidine** erfolgte mittels HPLC im Fachgebiet Weinanalytik der FA Geisenheim. Dabei wurden keine absoluten Werte ermittelt. Durch die Relation der Peakflächen der einzelnen Farbstoffe im Ausgangsmost zu den Peakflächen der Farbstoffe in den Konzentraten ließen sich Konzentrationsfaktoren ermitteln, die eine Aussage über die Zunahme erlaubte.

Die Gehalte an **Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, Kupfer, Zink** und **Blei** wurden mittels Atomabsorbtionsspektrometrie (AAS) ermittelt (WÜRDIG und WOLLER (1989).

Nitrat wurde kolorimetrisch nach Reduktion zu Nitrit bestimmt. Die **Chlorid**bestimmung erfolgte direkt potentiometrisch mittels einer Ag/AgCl-Elektrode. Die Ermittlung des **Sulfat**gehaltes erfolgte gravimetrisch durch vorangegangene Bariumchloridfällung (WÜRDIG und WOLLER (1989).

Die Bestimmung des **Gesamtphosphors** erfolgte photometrisch nach vorausgegangener Naßveraschung mit Perchlorsäure und Salpetersäure und Färbung mittels Molybdat-Vanadat-Reagenz (TANNER und BRUNNER 1987).

4.2 Versuchsbeschreibung

Die Anreicherungsversuche wurden während drei Herbstkampagnen; 1993/94, 1994/95 und 1995/96 mit jeweils unterschiedlichen Umkehrosmoseanlagen im Pilotmaßstab durchgeführt. Bei allen drei Anlagen wurden Spiralwickelmodule verwendet.

4.2.1 Versuchsanlage 1993

Zur Anreicherung der 93er Moste stand eine Pilotanlage der Firma Strassburger zur Verfügung. Die Anlage war mit einem Spiralwickelmodul mit einer Oberfläche von 5 m² bestückt. Im wesentlichen bestand die Anlage aus einem offenen Vorlagegefäß mit einem Fassungsvermögen von 120 l, einer Hochdruckdrehkolbenpumpe, einer stationären Kreislaufrohrleitung und dem Membrangehäuse aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Vorlagebehälter, Rohrleitungen, Pumpe und Ventile bestanden ausschließlich aus rostfreiem Edelstahl. Um zunächst eine Orientierung bezüglich der geeigneten Trenngrenze zur Mostanreicherung zu bekommen, wurden für die Versuche drei verschiedene Membranen der Firma Toray Industries aus Polypiperazin mit verschiedenen Trenngrenzen eingesetzt. In Tabelle 3 werden die Kenndaten der Membranen aufgezeigt.

Tab. 3: Kenndaten der verwendeten Membrane zur Umkehrosmoseanreicherung von 93er Versuchsmosten

	Membran 1	Membran 2	Membran 3
Bezeichnung	SU 800 (Toray Ind.)	SU 710 (Toray Ind.)	SU 600 (Toray Ind.)
Trenngrenze	65 Dalton	100 Dalton	250 Dalton
Betriebsdruck empf.	10 bar	10 bar	10 bar
Betriebsdruck max.	< 70 bar	< 40 bar	< 40 bar
Temperatur empf.	35°C	35°C	35°C
Temperatur max.	<45°C	<45°C	<45°C
Betriebs-pH-Wert	3 bis 9	3 bis 8	3 bis 8
Reinigungs-pH-Wert	2 bis 11	2 bis 11	2 bis 11
Chlorbeständigkeit max.	1 mg/l	1 mg/l	1 mg/l
Salzrückhaltung	99,4% bei 56 bar und 30 g/l NaCl	99,7% bei 10 bar und 1,5 g/l NaCl	99% bei 3,5 bar und 0,5 mg/l NaCl
Membranfläche	5 m ²	5 m ²	5 m ²
Membranmaterial	Polypiperazin	Polypiperazin	Polypiperazin

Die bei den Versuchen möglichen Maximaldrücke waren zum einen durch die Druckbeständigkeit der Membranen (40 bar für die 250 und 100 Dalton-Membranen), zum anderen jedoch durch den zulässigen Höchstdruck des Modulgehäuses (max. 50 bar) festgelegt. Obwohl die 65 Dalton-Membran also für Drücke bis zu 70 bar ausgelegt war, konnten die Versuche mit dieser Membran bei maximal 50 bar durchgeführt werden. Um eine möglichst große Druckdifferenz zwischen osmotischem und hydrostatischem Druck aufzubauen und damit eine höhere Fluxrate ($l/m^2 \cdot h$) während der Versuche zu erreichen, war es angebracht, die membran- bzw. anlagebedingten höchstzulässigen Drücke anzuwenden.

Die Pumpenleistung war nicht zu beeinflussen, wodurch die Überströmung vorgegeben war und anlagenbedingt bei etwa 280 bis 350 $l/m^2 \cdot h$ lag. Bei einer Mostmengen von 100 l je Versuch waren in der Regel innerhalb von 30 bis 45 min die gewünschten Zuckergehalte erreicht. Mit einem Schlangenkühler aus Edelstahl, der in den Vorlagebehälter eingetaucht wurde, konnte die Mosttemperatur während des Prozesses konstant bei 20°C (+/- 1° C) gehalten werden.

Im Anschluß an die jeweiligen Versuche wurde die gesamte Anlage mit einer Warm- und Kaltwasserspülung gereinigt, um den zu Beginn der Versuche festgestellten Wasserwert (=Flux bei 10 bar, 25° C und 300 l/h Überströmung) wieder zu erreichen. Sofern dies mit einer reinen Wasserspülung nicht möglich war, wurde eine chemische Reinigung wie folgt durchgeführt:

- 1) 15 min Kreislaufspülung mit Weichwasser bei 40° C
- 2) 30 min Weichwasserkreislaufspülung bei 40° C und pH 2
(Ansäuerung durch Zitronensäurezusatz / ca. 3%ige Lösung)
- 3) 15 min Kreislaufspülung mit Weichwasser bei 40° C
- 4) 30 min Weichwasserkreislaufspülung bei 40° C und pH 11
(pH-Einstellung durch Laugenreiniger SR 500 / der Fa. Strassburger)
- 5) 15 min Kreislaufspülung mit Weichwasser bei 40° C
- 6) 30 min Weichwasserkreislaufspülung bei 40° C und pH 2
(Ansäuerung durch Zitronensäurezusatz)
- 7) 15 min Kreislaufspülung mit Weichwasser bei 20° C

Mit dem alkalischen Reinigungsmittel können Proteine, Polysaccharide (kolloidale Ablagerungen) und Fette von der Membranoberfläche gelöst werden, während der saure Reiniger anorganische Niederschläge und Metalloxide entfernt. Eine vollständige Sterilisation ist mit diesem Reinigungsvorgang nicht möglich. Daher sollte die Membran bei einer Standzeit von mehr als einer Woche unbedingt in eine Konservierungslösung (z.B. 0,1%ige Natriummetabisulfit-Lösung) eingelegt werden, um das Wachstum von Bakterien und Pilzen auf der Membranoberfläche zu vermeiden.

4.2.2 Aufbau der Versuche 1993

Da die o.g. Pilotanlage erst nach der Lese 1993 zur Verfügung stand, wurden die Moste nach der Pressung durch Schwefelung konserviert und bis zum eigentlichen Versuchstermin eingelagert. Insgesamt wurden zwei Versuchsmoste (93er Geisenheimer Fuchsberg Riesling QbA und 93er Geisenheimer Klosterberg Müller-Thurgau QbA) vorbereitet. Die Mostvorbereitung wird in Abbildung 6 schematisch dargestellt.

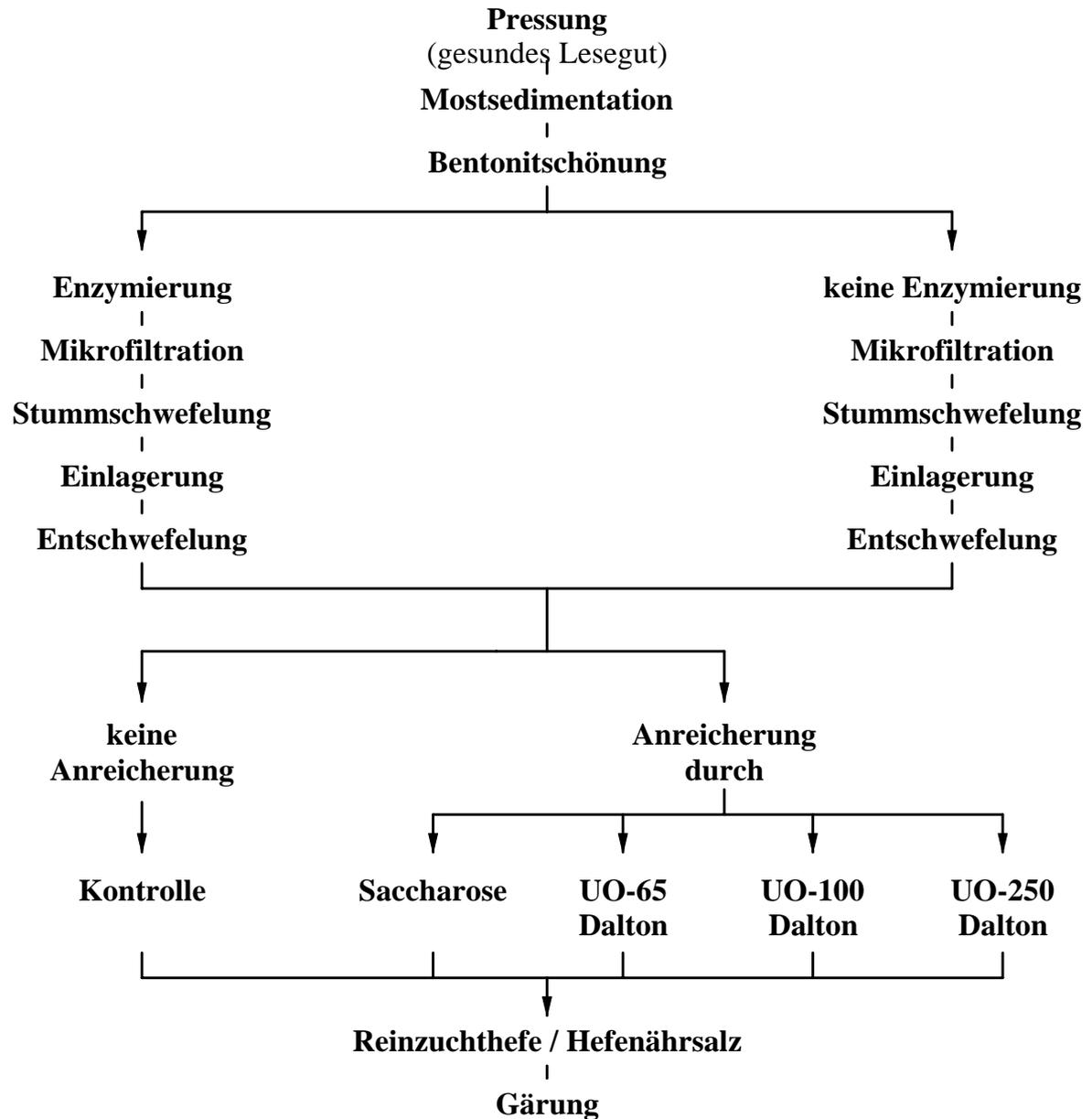
Das gesunde Lesegut wurde gepreßt und die Moste innerhalb von 12 Stunden Sedimentationszeit vorgeklärt. Dann erfolgte eine Eiweißstabilisierung mit 400 g/hl Mostbentonit um bei der späteren Entschwefelung Problemen durch Schaumbildung vorzubeugen. Um den Einfluß des enzymatischen Aufschlusses auf die Filtrationsleistung bei der nachfolgenden Cross-Flow-Mikrofiltration (CMF), sowie bei der Umkehrosioseanreicherung festzustellen, wurde für beide Rebsorten eine Charge mit 5g/hl pektolytischen Enzymen behandelt, während die andere Hälfte unbehandelt blieb.

Nach der Schönung wurden die Moste mit einer Cross-Flow-Filteranlage der Firma Romicon (2 Hohlfasermodule mit 0,45 µm Porendurchmesser) filtriert und mit 1200 mg/l SO₂ geschwefelt. Die so vorbereiteten Moste wurden dann bis zum Beginn der ersten Anreicherungsversuche im Frühjahr 1994 eingelagert.

Bereits bei der Mikrofiltration zeigten sich keinerlei Leistungsunterschiede zwischen den enzymierten und den nicht enzymierten Mosten. Wie zu erwarten war, hatte dann im weiteren Verlauf die Enzymierung auch auf die Leistung bei der UO-Anreicherung keinen Einfluß. Somit können die beiden Vergleichsvarianten, die ohne Enzymierung verarbeitet wurden im folgenden als Wiederholungsversuche angesehen werden.

Von den so eingelagerten vier Mostpartien wurden vor den Anreicherungsversuchen jeweils 350 l entschwefelt. Daraus wurden dann 3 bzw. 2 UO-Varianten, sowie eine Kontrollvariante (nicht angereichert) und eine mit Saccharose angereicherte Variante hergestellt.

Abb. 6: Schematische Darstellung der Versuchsanstellung bei den Anreicherungsversuchen der Herbstkampagne 93/94.



In Tabelle 4 sind die einzelnen Versuchsvarianten und deren Bezeichnung aufgeführt. Insgesamt standen also 26 Versuchsvarianten aus 6 Vergleichsversuchen (3 Vergleiche mit Riesling und 3 mit Müller-Thurgau) zum Weinausbau zur Verfügung.

Tab. 4: Übersicht der aus 93er Mosten hergestellten Versuchsvarianten und den dazugehörigen Versuchsbezeichnungen.

Rebsorte	Vergleich Nr.	Behandlung vor der Anreicherung	Anreicherung	Behandlung nach der Anreicherung	Versuchsbezeichnung
93er MTH QbA	1	nicht enzymiert	keine	keine	MT/93/K/1
			Saccharose		MT/93/S/1
			UO-65 Dalton		MT/93/65D/1
			UO-100 Dalton		MT/93/100D/1
			UO-250 Dalton		MT/93/250D/1
	2	enzymiert	keine	Süßung	MT/93/K/2
			Saccharose		MT/93/S/2
			UO-65 Dalton	Entsäuerung + Süßung	MT/93/65D/2
			UO-100 Dalton		MT/93/100D/2
			UO-250 Dalton		MT/93/250D/2
	3	enzymiert	keine	keine	MT/93/K/3
			Saccharose		MT/93/S/3
			UO-65 Dalton	Entsäuerung	MT/93/65D/3
			UO-100 Dalton		MT/93/100D/3
	93er Riesling QbA	4	nicht enzymiert	keine	keine
Saccharose				R/93/S/4	
UO-65 Dalton				R/93/65D/4	
UO-100 Dalton				R/93/100D/4	
UO-250 Dalton				R/93/250D/4	
5		enzymiert	keine	Süßung	R/93/K/5
			Saccharose		R/93/S/5
			UO-65 Dalton	Entsäuerung + Süßung	R/93/65D/5
			UO-100 Dalton		R/93/100D/5
			UO-250 Dalton		R/93/250D/5
6		enzymiert	keine	keine	R/93/K/6
			Saccharose		R/93/S/6
			UO-65 Dalton	Entsäuerung	R/93/65D/6
			UO-100 Dalton		R/93/100D/6

Die nicht angereicherten Kontrollvarianten sowie die durch Saccharose angereicherten Moste wurden im Vorfeld ebenfalls mikrofiltriert, stumm- und entschweifelt, um evtl. auftretende Beeinflussungen dieser Vorbehandlung auf die analytischen und sensorischen Ergebnisse zu vermeiden.

Nach der Anreicherung wurden die Moste in 50 l Glasballons im Versuchsmaßstab vergoren und ausgebaut. Da aufgrund der intensiven Vorbehandlung Gärprobleme zu erwarten waren, wurde eine relativ hohe Menge Reinzuchthefer (25 g/hl) sowie Hefenährsalz bis zur gesetzlich festgelegten Höchstmenge von 30 g/hl zugesetzt. Nach der Gärung wurden die Weine zum ersten Abstich mit 100 mg/l SO₂ versetzt.

Zur Vorbereitung auf die späteren sensorischen Vergleiche wurden die drei Vergleichsversuche der beiden Sorten unterschiedlich vorbereitet.

Bei den Weinen des MTH blieb der Vergleich Nr. 1 ohne jegliche Behandlung. Die durch UO angereicherten Weine des Vergleichs Nr. 2 wurden durch eine Feinentsäuerung auf ein Säureniveau der Kontrolle und der Saccharosevariante von etwa 6 g/l eingestellt. Alle Weine des Vergleichs Nr. 2 wurden dann durch den Zusatz von unvergorenem Traubensaft aus dem gleichen Grundmaterial auf einen Restzuckergehalt von ca. 9,5 g/l eingestellt. Die UO-Weine von Vergleich Nr. 3 wurden lediglich auf einen Säuregrad von ca. 6 g/l reguliert, während die Kontroll- und Saccharosevariante unbehandelt blieben.

Bei den Riesling-Versuchen wurde in gleicher Weise verfahren, jedoch wurden hier die Säurewerte auf ca. 9,5 g/l eingestellt. Ebenso wie beim Müller-Thurgau wurde auch hier bei einem Vergleich (Nr. 5) durch den Zusatz von unvergorenem Ausgangsmost die Restzuckergehalte auf 9,5 g/l eingestellt. (siehe Tab. 4)

Vor der Abfüllung in 0,75 l/Flaschen wurden nochmals die Schwefelgehalte kontrolliert und der Gehalt an freier schwefeliger Säure auf 55 mg/l eingestellt.

4.2.3 Versuchsanlage 1994

Auf der Grundlage der Ergebnisse in der vorangegangenen Herbstkampagne wurden auch im Herbst 94/95 verschiedene Moste mittels Umkehrosmose angereichert. Hierbei sollten vor allem verschiedene Rebsorten behandelt werden.

Hierfür stand eine Pilotanlage der Firma Millipore zur Verfügung, die mit einem Spiralwickelmodul (Nanomax, Helicon-RO) mit einer effektiven Filtrationsfläche von 0,37 m² bestückt war. Die Anlagenkonstruktion glich im wesentlichen der im Vorjahr eingesetzten Anlage. Als Vorlagegefäß diente ein Glasbehälter. Alle mit Most in Berührung kommenden Teile waren entweder aus rostfreiem Edelstahl oder aus inertem Kunststoff bzw. Glas. Die eingesetzte Membran war eine Dünnschicht-Komposit-Membran aus Polyamid und Polysulfon (siehe Tab. 5) mit asymmetrischem Aufbau. Die Trenngrenze der Membran lag bei 100 Dalton (entspricht ca. 0,0005 µm o. 5Å).

Tab. 5: Kenndaten der eingesetzten Membran zur Umkehrosmoseanreicherung von 94er Versuchsmosten

	Membran UO
Bezeichnung	Nanomax 95, MR-4 (Millipore)
Trenngrenze	100 Dalton
Betriebsdruck empf.	5-28 bar
Betriebsdruck max.	< 45 bar
Temperatur empf.	25-35°C
Temperatur max.	<50°C
Betriebs-pH-Wert	3 bis 10
Reinigungs-pH-Wert	2 bis 11
Chlorbeständigkeit max.	1 mg/l für max. 1 h
Salzrückhaltung	94% bei 11 bar und 1 g/l NaCl 97% bei 13,5 bar und 2000 mg/l MgSO ₄
Membranfläche	0,37 m ²
Membranmaterial	Polyamid/Polysulfon

Die Überströmung war bei dieser Pilotanlage durch Veränderung der Pumpenleistung variabel zu gestalten und wurde bei den Versuchen laut Herstellerempfehlung auf 180 l/h eingestellt, was gleichbedeutend mit etwa 480 l/m²*h war. Der mittlere Transmembrandruck war auch in diesem Fall durch die maximale Druckbelastung der Membran von 45 bar festgelegt und betrug während der Versuche 42 - 45 bar. Die Temperatur konnte durch einen Doppelmantelkühler, der mit kaltem Leitungswasser beschickt wurde, gesteuert werden. In der Regel erhöhte sich die Mosttemperatur von 20° C auf ca. 35° C, wo sie dann durch Kühlung konstant gehalten wurde.

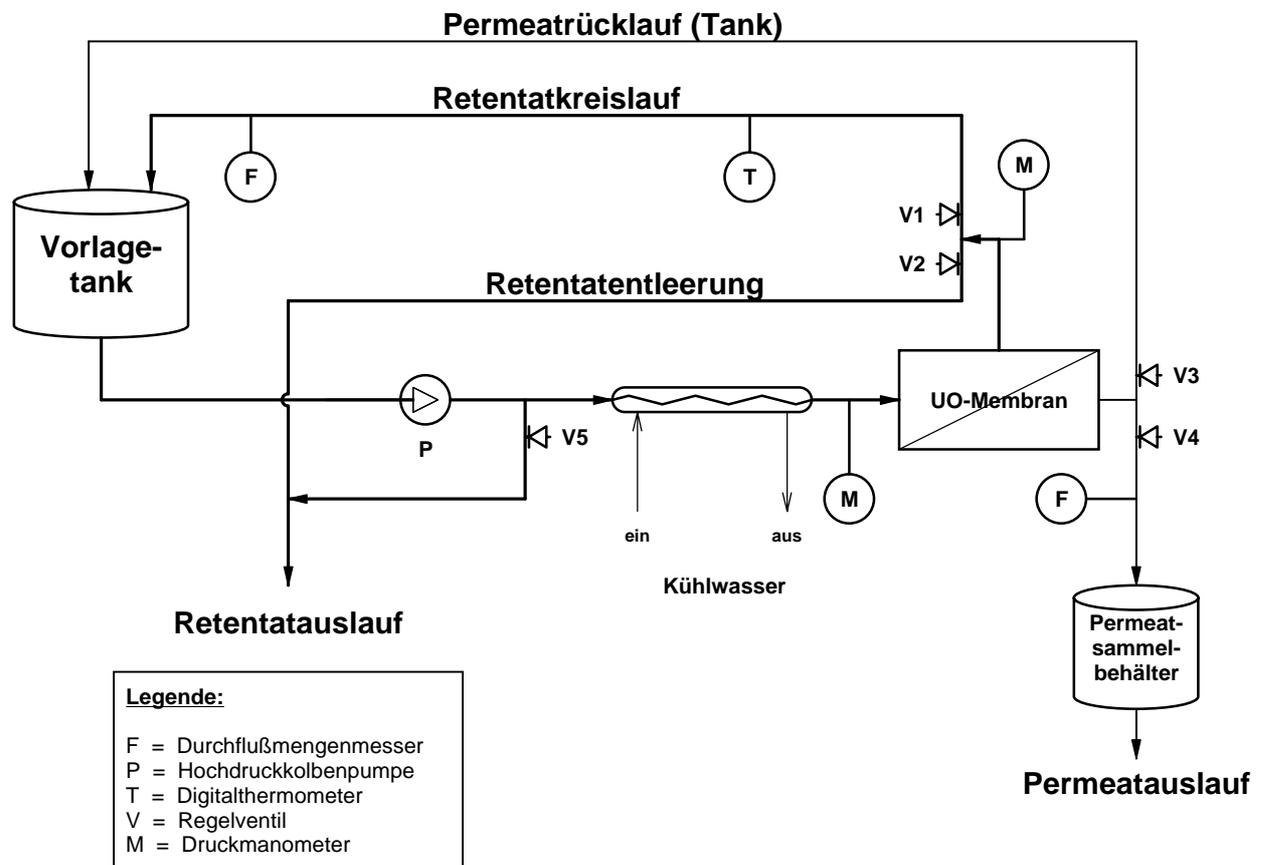
Abb. 7: Fließschema der Pilotanlage in der Herbstkampagne 94/95

Abbildung 7 zeigt eine schematische Darstellung der Versuchsanlage. Aus dem Vorlagetank wurde der Most von einer Hochdruckdrehkolbenpumpe (P) durch einen Wärmeaustauscher zum UO -Wickelmodul gepumpt. Dort wurde er durch die Abtrennung von einem Teil des Fruchtwasser (Permeat) aufkonzentriert. Der zurückgehaltene Mostanteil (Retentat) wurde direkt in den Vorlagetank zurückgeführt und von dort aus erneut in den Kreislauf eingespeist. Das Permeat wurde in einem separaten Sammelbehälter aufgefangen. Während der Aufkonzentrierung waren die Ventile V2, V3 und V5 geschlossen und die Ventile V1 und V4 geöffnet. Durch regelmäßige Kontrolle der Mostkonzentration mit einer Mostwaage im Vorlagebehälter wurde der Endpunkt der Konzentrierung ermittelt. Durch Schließen des Ventils V1 und Öffnen von V2 wurde der angereicherte Most aus der Anlage gepumpt und zur Vergärung in Glasballons gefüllt. Über das Ventil V5 wurde eine Restentleerung der Anlage durchgeführt.

Der Transmembrandruck konnte mit Hilfe der Manometer (M), die vor und hinter dem Membranmodul installiert waren, eingestellt werden. Die beiden Durchflußmengenmesser (F) erlaubten eine ständige Kontrolle des Retentat- bzw. Permeatflusses. Durch Regulierung der Kühlwassermenge war eine Temperatursteuerung ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) möglich. Die Retentattemperatur wurde am Thermometer (T) abgenommen.

Beim Reinigungsbetrieb wurden sowohl Retentat (Reinigungslösung) als auch Permeat in den Vorlagetank zurückgeführt und wiederholt im Kreislauf gepumpt. Hierbei wurden die Ventile V2, V4, und V5 geschlossen und V1, V3 geöffnet. Die Reinigung der Anlage wurde immer dann vorgenommen, wenn der zu Beginn der Versuche (vor dem ersten Einsatz) festgestellte Wasserwert von $16 \text{ l/m}^2\cdot\text{h}$ (=Wasserflux $1/\text{m}^2\cdot\text{h}$) nach der UO-Behandlung nicht mehr erreicht werden konnte. Ein weiteres Anzeichen für eine Verblockung der Membran ist der Anstieg des Transmembrandruckes während der Konzentrierung um mehr als 15%. Ebenso wie bei der Anlage der Fa. Strassburger wurde die Membran laut Herstellerangabe mit Zitronensäure und alkalischem Reinigungsmittel (P3-ultrasil 11) gereinigt. Generell ist bei der Reinigung weiches Wasser vorzuziehen. Dieses kann mit der UO-Anlage durch Sammeln von Permeatwasser hergestellt werden.

Nach der Reinigung sollte der Wasserwert erneut bestimmt werden, um den Wirkungsgrad des Reinigungsvorganges zu ermitteln. Dieser sollte mindesten 80 % des Wasserwertes vor Inbetriebnahme der Membran betragen.

4.2.4 Aufbau der Versuche 1994

Da die Pilotanlage der Fa. Millipore so konstruiert war, daß die Überströmung variiert werden konnte, wurden zunächst einige Versuche zur Untersuchung der Fluxleistung in Abhängigkeit der Überströmung durchgeführt (siehe Kap. 5.5.4).

Im Unterschied zu den vorangegangenen Versuchen wurden die 94er Moste frisch verarbeitet. Um den Einfluß der UO-Anreicherung bei weiteren Rebsorten zu untersuchen, wurden insgesamt sieben verschiedene Moste aus sechs Rebsorten behandelt.

Zur Vorbereitung wurden die Moste nach dem Pressen lediglich durch Sedimentation (Absetzzeit 10 - 12 h) und anschließend, ebenso wie im Vorjahr, mit der CF-Filteranlage der Fa. Romicon mikrofiltriert ($0,45 \mu\text{m}$). Im Gegensatz zum Vorjahr wurden bei den Weißmosten weder Enzymierungen noch Schönungen vorgenommen.

Lediglich das Lesegut des Portugieser-Rotmostes wurde zur Farbgewinnung zunächst einer Maischeerhitzung unterzogen. Nach Abkühlung der Maische auf 45° C wurde, zur Vorbeugung von Klär- und Filtrationsproblemen, ein pektolytisches Enzym (Trenolin blank / 3 g/hl) zugesetzt. Nach einer Einwirkzeit von 4 Stunden wurde die Maische gepresst und der Most nach gleichem Schema wie die Weißmoste vorgeklärt und filtriert.

Die Vorbereitung des Spätburgunder Weißherbst erfolgte analog der Vorbereitung der weißen Moste.

Alle Ausgangsmoste wurden jeweils in drei Einzelchargen aufgeteilt, von denen eine nicht angereichert wurde (=Kontrolle), während die anderen beiden Varianten durch den Zusatz von Saccharose bzw. durch Umkehrosiosebehandlung angereichert wurden. Bei der UO-Anreicherung wurden je Versuch 36 l Ausgangsmost konzentriert, sodaß für die Lagerung nach der Gärung und dem Abstich mindestens 2 Glasballons mit 10 l gefüllt werden konnten. Bei den Kontroll- und Saccharosevarianten wurden gleiche Mengen angereichert und vergoren. Sofort nach der Anreicherung wurden alle Varianten eines Versuches auf gleiche Starttemperatur (20° C) eingestellt und mit Reinzuchthefer (25 g/hl) und Hefenährsalz (30 g/hl) sowie mit Hefezellwandpräparat versetzt. Die Vergärung erfolgte dann, wie im Vorjahr, im temperierten Versuchweinkeller (Umgebungstemperatur 20° C) in 25 l Glasballons.

Zwei Wochen nach Abschluß der Gärung erfolgte zunächst der erste Abstich mit einer Schweflung von 100 mg/l. Nach einer Lagerzeit von 3 Monaten wurde eine chemische Entsäuerung der Einzelvarianten durchgeführt, um den Säuregehalt aller Varianten eines Versuches auf ein einheitliches Niveau einzustellen. Nach weiteren 2 Wochen wurden dann alle Moste auf einen Schwefelgehalt von 55 mg/l freie SO₂ eingestellt und abgefüllt.

Im Vergleichsversuch Nr. 4 (Riesling QbA/Rheingau) wurde neben der Saccharose- und UO-Variante noch eine weitere Variante hergestellt. Hierzu wurde ein Teil der Trauben im Weinberg belassen, bis das Mostgewicht von 91° Oechsle erreicht war (=späte Lese). Dies diente dazu, besonders im späteren sensorischen Vergleich zu untersuchen, inwieweit sich der natürlich gereifte Wein von den angereicherten Varianten unterscheidet. Im Gesamten wurden so 22 Versuchsvarianten (siehe Tabelle 6) hergestellt.

Tab. 6: Übersicht der aus 94er Mosten hergestellten Versuchsvarianten und den dazugehörigen Versuchsbezeichnungen.

Rebsorte	Vergleich Nr.	Anreicherung	Entsäuerung	Versuchsbezeichnung
94er Müller-Thurgau Rheinhessen	1	keine	auf 8 g/l	MT/94/K/1
		Saccharose		MT/94/S/1
		Umkehrosmose		MT/94/UO/1
94er Spätburgunder/WH Rheingau	2	keine	auf 9 g/l	SB/94/K/2
		Saccharose		SB/94/S/2
		Umkehrosmose		SB/94/UO/2
94er E x E Rheingau	3	keine	auf 8 g/l	EE/94/K/3
		Saccharose		EE/94/S/3
		Umkehrosmose		EE/94/UO/3
94er Riesling Rheingau	4	keine	auf 9 g/l	R/94/K/4
		Saccharose		R/94/S/4
		Umkehrosmose		R/94/UO/4
		späte Lese	keine	R9/4/SL/4
94er Portugieser Rotwein Rheinhessen	5	keine	auf 6 g/l	PO/94/K/5
		Saccharose		PO/94/S/5
		Umkehrosmose		PO/94/UO/5
94er Bacchus Rheinhessen	6	keine	auf 8 g/l	B/94/K/6
		Saccharose		B/94/S/6
		Umkehrosmose		B/94/UO/6
94er Müller-Thurgau Rheingau	7	keine	auf 8 g/l	MT/94/K/7
		Saccharose		MT/94/S/7
		Umkehrosmose		MT/94/UO/7

4.2.5 Versuchsanlage 1995

Im letzten Versuchsjahr (Herbstkampagne 1995/96) wurde eine Pilotanlage der Fa. Sartorius Separation Engineering (Lab-RO) eingesetzt. Der Aufbau der Anlage glich im wesentlichen dem der in den Vorjahren eingesetzten Anlagen. Alle mit Most in Berührung kommenden Teile waren aus rostfreiem Edelstahl.

Die Anlage war mit 4 Modulrohren ausgestattet, welche jeweils für ein Wickelmodul mit einer Membranfläche von 2,5 m² ausgelegt waren. Für die Anreicherungsversuche wurde jedoch jeweils nur ein Modul eingesetzt. Die Versuche wurden zunächst mit einem UO-Spiralwickelmodul (DOW/Filmtec) bei einem Druck von 60 bzw. 70 bar durchgeführt. Bei drei Grundmosten wurde eine zusätzliche Variante mit einer Nanofiltrationsmembran (Desal) im Druckbereich von 45 bar hergestellt, da dieser Membrantyp nicht für höhere Drücke

geeignet war (siehe Tabelle 7). Die Hochdruckkolbenpumpe hatte eine Leistung von 850 l/h was einer Überströmung von 340 l/m²*h entsprach.

Tab. 7: Kenndaten der verwendeten Membranen zur Umkehrosmoseanreicherung von 95er Versuchsmosten

	Membran 1 / UO	Membran 2 / NF
Bezeichnung	SW30HR-2540 (DOW/Filmtec)	DK2540F (DESAL)
Trenngrenze	100 Dalton	--
Tübung im Zulauf max.	1 NTU	--
Kolloidindex max.	5 SDI	--
Anströmung max.	1300 l/h = 520 l/m ² *h	--
Betriebsdruck empf.	10 bar	10 bar
Betriebsdruck max.	< 69 bar	< 45 bar
Temperatur empf.	35° C	35° C
Temperatur max.	<45° C	<45° C
Betriebs-pH-Wert	2 bis 11	3 bis 8
Reinigungs-pH-Wert	1 bis 12	2 bis 11
Chlorbeständigkeit max.	1 mg/l	1 mg/l
Salzrückhaltung	98,6 - 99,1% NaCl bei 25° C / pH 8 / 55 bar und 35 g/l NaCl	98,0% MgSO ₄ bei 25° C / 7 bar und 1 g/l MgSO ₄
Membranfläche	2,5 m ²	2,5 m ²
Membranmaterial	Polyamid/Polysulfon	Polyamid/Polysulfon

Durch einen Wärmetauscher, der mit kaltem Leitungswasser beschickt wurde, konnte die Temperatur so reguliert werden, daß sich die Mosttemperatur während dem Konzentrierungsprozeß von anfänglich 17 bis 19° C auf 30 bis maximal 35° C erhöhte.

Die Membranen wurden nach jedem Versuch mit 3 %iger Zitronensäurelösung gespült. Anschließend wurde für die Dauer von ca. 30 min mit Warmwasser (45° C), bei einem Druck von 10 bar, im Durchlaufverfahren gespült. Nur wenn hierbei der anfänglich festgestellt Wasserflux von 24 l/m²*h nicht erreicht werden konnte, erfolgte eine chemische Grundreinigung.

Diese wurde mit speziellen alkalischen und sauren Reinigungsmitteln der Fa. Henkel (Handelsnahme: P3-Ultrasil 11 bzw. P3-Ultrasil 70) nach der in Kapitel 2.2.1 beschriebenen

Reinigungsvorschrift durchgeführt. Die Konzentration der Reinigungslösung ist hierbei so zu wählen, daß die für die Membran zulässigen pH-Werte nicht über- bzw. unterschritten werden.

4.2.6 Aufbau der Versuche 1995

Im Herbst 1995 wurden Moste aus drei verschiedenen Anbaugebieten (Rheingau, Mosel und Rheinpfalz) zur Anreicherung verwendet.

Die Moste von Mosel und Rheinpfalz wurden von der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt Trier und von der Staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt Neustadt zur Verfügung gestellt, die auch den Ausbau und die Abfüllung der Weine durchführten. Die Vergleichsversuche 1 bis 3 (siehe Tab. 8) wurden im Fachgebiet Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim ausgebaut.

Neben der Herstellung von Varianten aus Saccharoseanreicherung und UO-Anreicherung wurde bei allen drei Mosten (Rheingau) zusätzlich je eine Variante durch Anreicherung mittels Nanofiltrationsmembranen sowie je eine Variante durch späte Lese (natürliches Mostgewicht 92 bis 95° Oe) hergestellt (siehe Tab. 8).

Bei dem Rheingauer Riesling (Vergleich Nr. 3) wurde eine weitere Variante durch Konzentrierung einer Teilmostmenge auf 110° Oe und anschließendem Rückverschnitt mit nicht angereichertem Grundmost auf ein Mostgewicht von 92° Oe hergestellt.

Insgesamt wurden 6 Moste aus der Rheinpfalz behandelt. Die 3 Rotmoste wurden durch Maischeerhitzung wie im Vorjahr gewonnen.

Um das Vorhandensein und die eventuellen Ursache von qualitativen Abweichungen der späteren Weine zu untersuchen, wurden die Moste aus der Rheinpfalz in der SLVA Neustadt unterschiedlich vorbehandelt. Ziel war es herauszufinden, ob bei signifikanten Unterschieden zwischen UO-Anreicherung und Zuckering diese eher auf die scharfe Vorklärung durch den Einsatz des Crossflow-Filters oder auf die Umkehrosrosebehandlung zurückzuführen sind.

Die Vorbehandlung und deren Bezeichnung gestaltete sich wie folgt:

Behandlung:	Bezeichnung:
Separation, Saccharosezuckering	Sorte/Jahr/SEP/S/Nr. Vergleich
Separation, CMF, Saccharosezuckering	Sorte/Jahr/SEP/CF/S/Nr. Vergleich
Separation, CMF, UO-Anreicherung	Sorte/Jahr/SEP/CF/UO/Nr. Vergleich

Tab. 8: Übersicht der aus 95er Mosten hergestellten Versuchsvarianten und den dazugehörigen Versuchsbezeichnungen.

Rebsorte	Vergleich Nr.	Anreicherung	Entsäuuerung auf	Versuchsbezeichnung
95er Ehrenfelder Rheingau	1	Saccharose	10 g/l	EF/95/CF/S/1
		Nanofiltration		EF/95/CF/NF/1
		Umkehrosmose		EF/95/CF/UO/1
		späte Lese		EF/95/CF/SL/1
95er Osteiner Rheingau	2	Saccharose	10 g/l	OS/95/CF/S/2
		Nanofiltration		OS/95/CF/NF/2
		Umkehrosmose		OS/95/CF/UO/2
		späte Lese		OS/95/CF/SL/2
95er Riesling Rheingau	3	Saccharose	10 g/l	R/95/CF/S/3
		Nanofiltration		R/95/CF/NF/3
		Umkehrosmose		R/95/CF/UO/3
		späte Lese		R/95/CF/SL/3
		UO-Rückverschnitt		R/95/CF/RV/3
95er Portugieser RW Rheinpfalz	4	Saccharose	BSA	PG/95/SEP/S/4
		Saccharose		PG/95/SEP/CF/S/4
		Umkehrosmose		PG/95/SEP/CF/UO/4
95er Dornfelder RW Rheinpfalz	5	Saccharose	BSA	DO/95/SEP/S/5
		Saccharose		DO/95/SEP/CF/S/5
		Umkehrosmose		DO/95/SEP/CF/UO/5
95er Silvaner Rheinpfalz	6	Saccharose	8 g/l	SV/95/SEP/S/6
		Saccharose		SV/95/SEP/CF/S/6
		Umkehrosmose		SV/95/SEP/CF/UO/6
95er Morio-Muskat Rheinpfalz	7	Saccharose	7 g/l	MM/95/SEP/S/7
		Saccharose		MM/95/SEP/CF/S/7
		Umkehrosmose		MM/95/SEP/CF/UO/7
95er Riesling Rheinpfalz	8	Saccharose	9 g/l	R/95/SEP/S/8
		Saccharose		R95/SEP/CF/S/8
		Umkehrosmose		R/95/SEP7CF/UO/8
95er Spätburg. RW Rheinpfalz	9	Saccharose	BSA	SB/95/SEP/S/9
		Saccharose		SB/95/SEP/CF/S/9
		Umkehrosmose		SB/95/SEP/CF/UO/9
95er Riesling A Mosel	10	--	9 g/l	--
		Saccharose		RA/95/CF/S/10
		Umkehrosmose		RA/95/CF/UO/10
95er Riesling B Mosel	11	--	9 g/l	--
		Saccharose		RB/95/CF/S/11
		Umkehrosmose		RB/95/CF/UO/11

Bei den Mosten von der SLVA Trier handelte es sich um 2 Rieslinge aus der gleichen Weinbergparzelle, die einmal früh (Riesling A) mit einem Mostgewicht von 62° Oechsle und einmal später (Riesling B) mit 76° Oechsle gelesen wurden. Hierbei sollte untersucht werden, ob sich die von WUCHERPFENNIG (1977) und NEUBERT (1976) beschriebene Mitkonzentrierung von Unreifeftönen und der damit verbundene grasige Konzentratgeschmack bei säurereichen spätreifen Sorten bestätigen lassen.

Die Behandlung der Moste erfolgte auch in dieser Kampagne unmittelbar nach der Pressung. Nach einer 10 bis 12stündigen Sedimentationszeit erfolgte die Mikrofiltration und im direkten Anschluß die Anreicherung. Da in den Vorjahren die nicht angereicherten Kontrollvarianten in der Regel beim sensorischen Vergleich lediglich Abweichungen durch den geringeren Alkoholgehalt zeigten, wurde auf deren Herstellung im Herbst 95 verzichtet.

Insgesamt wurden 11 Vergleichsversuche mit 8 verschiedenen Rebsorten durchgeführt (siehe Tab. 8). Zum einen sollte festgestellt werden, inwieweit sich Weine verschiedener Rebsorten und damit auch unterschiedlicher Gehalte an Aromastoffen, Phenolen, u.a. Inhaltsstoffe sensorisch durch die Anreicherung mittels Umkehrosmose verändern. Weiterhin sollte durch den Einsatz der etwas grobporigeren Nanofiltrationsmembran überprüft werden, ob im Vergleich zur UO-Anreicherung eine geringere Säureerhöhung, bei gleichzeitig guter Zuckerrückhaltung, möglich ist. Die 3 Varianten "späte Lese" sollten zeigen, ob mit der UO-Anreicherung durch die Erhöhung der Extraktstoffe die Qualität einer echten Spätlese mit einem natürlichen Mostgewicht von ca. 90° Oe erreicht werden kann.

Die zusätzliche Verwendung von Rieslingmosten aus den Anbaugebieten Mosel und Rheinpfalz sollte zeigen, inwieweit die bisherigen Ergebnisse auch auf andere Anbaugebiete bzw. Weintypen übertragbar sind.

Nach der Anreicherung der Einzelvarianten wurden die Weißmoste auf ihren Säuregehalt hin untersucht und anschließend durch Doppelsalzsäuerung innerhalb der Vergleiche auf einheitliche Werte entsäuert. Die Rotweine wurden in der SLVA Neustadt ausgebaut. Die Säureregulierung erfolgte hier durch biologischen Säureabbau.

Die Weine der Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3 wurden dann in 50 l Glasballons gefüllt und mit 30 g/hl Hefenährsalz (Handelsname: Vitamon Combi = Diamoniumphosphat und Vitamin B1), 25 g/hl Reinzuchthefer, sowie mit 20 g/hl Bentonit versetzt. Außer den Versuchsvarianten aus später Lese wurden alle Anreicherungsversuche bei gleicher Umgebungstemperatur (20° C) parallel vergoren.

Die Säuregehalte der Varianten aus später Lese lagen deutlich niedriger, wodurch eine Einfachentsäuerung mit Spezialkalk ausreichte, um sie im Säuregehalt auf das Niveau der angereicherten Moste der jeweiligen Vergleichsserie einzustellen.

Im Anschluß erfolgte, etwa 2 Wochen nach der Gärung, in Verbindung mit dem ersten Abstich ein Schwefelung von 100 mg/l mit 5%iger schwefeliger Säure. Hierbei wurden alle Glasballons aufgefüllt und für weitere 4 Wochen zu Selbstklärung aufbewahrt. Dann wurde der Gehalt an freier schwefeliger Säure einheitlich auf 50 mg/l korrigiert und die Weine nach einer EK-Filtration abgefüllt. Die Flaschen wurden mit Schraubverschlüssen verschlossen, um jegliche Geschmacksunterschiede, die durch einen Naturkork eintreten können, zu vermeiden.

4.3 Sensorische Beurteilung

Die Überprüfung der sensorischen Eigenschaften eines Weines durch eine Gruppe von geübten Verkostern (Prüferpanel) erlaubt Rückschlüsse auf eventuelle Veränderungen der Weine innerhalb eines Vergleichsversuches. Da der eventuellen sensorischen Beeinflussung der Weine durch die verschiedenen Anreicherungsverfahren besondere Bedeutung zugemessen werden kann, wurden verschiedene Verfahren zur sensorischen Prüfung der Weine herangezogen, die im folgenden erläutert werden.

Um diese eventuellen Veränderungen auf ein zu prüfendes Weinbehandlungsverfahren zurückführen zu können, erfolgten neben der Anreicherung alle anderen Behandlungsmaßnahmen soweit als möglich bei den einzelnen Varianten eines Vergleiches zeitlich parallel und in gleichem Ausmaß.

Generell sollte zwischen dem letzten Behandlungsschritt und dem Zeitpunkt der Verkostung ausreichende Wartezeiten (mindestens 1 Monat) eingehalten werden, da häufig Veränderungen die unmittelbar nach der Behandlung noch erkennbar werden, nach kurzer Lagerzeit wieder verschwinden. Daher wurden die Weine aus den Anreicherungsversuchen frühestens 3 Monate nach der Abfüllung zum erstenmal in einem sensorischen Vergleich gegenübergestellt.

Zunächst wurden die Weine einer bewertenden Prüfung unterzogen. Dabei wird die sensorische Beschaffenheit eines Weines nach überbetrieblichem und überregionalem Qualitätsmaßstab geprüft und bewertet. Es erfolgt also eine generelle Einschätzung der Qualität des Weines nach dem allgemeinen Qualitätsverständnis der Prüfer. Als Prüfverfahren diente hierzu das **5-Punkte-Schema der DLG**, welches bei der Vergabe der amtlichen Prüfungsnummer für Qualitäts- und Prädikatsweine eingesetzt wird.

Der Prüfer hat hierbei die Aufgabe, anhand einer 5-Punkte-Skala die Weine nach den Prüfmerkmalen Geruch, Geschmack und Harmonie innerhalb einer von 0 bis 5 reichenden Punkteskala einzuordnen. Dabei haben alle Prüfmerkmale den Gewichtungsfaktor 1.

Bei der Auswertung wird aus der Summe der Punktzahlen der Prüfmerkmale (Geruch, Geschmack, Harmonie) der Mittelwert gebildet und man erhält somit die Qualitätszahl des jeweiligen Prüfers. Aus der Gesamtheit der Qualitätszahlen der einzelnen Prüfer, die für einen Wein vergeben wurden, wird wiederum der Mittelwert gebildet, wodurch man die "Qualitätszahl" erhält. Diese läßt dann eine Aussage über die allgemeine Qualitätseinstufung des Weines zu. Die Ablehnung eines Weines (d.h. weniger als 1,5 Punkte bei einem oder mehreren Prüfmerkmalen), von einem oder mehreren Prüfern, kann allerdings im Einzelfall durch die Mittelwertbildung nicht mehr erkannt werden und wurde deshalb bei der Auswertung der Ergebnisse zusätzlich aufgeführt.

Neben der o.g. bewertenden Prüfung wurden die Weine einer **Rangordnungsprüfung** unterzogen. Bei dieser Methode wurden die Weine eines Vergleichs (= gleicher Grundwein aber verschiedene Anreicherungsverfahren) in wahlloser Folge ohne Bezugsprobe verkostet.

Die Weine erhielten durch die Prüfer eine ihrem Rang entsprechende Ziffer z.B., wenn Wein A den dritten Platz belegt, erhält er somit die Ziffer 3. Durch Addition der Ziffern aller Prüfer die für einen Wein vergeben wurden, erhält man die sog. Rangsumme. Die Auswertung der so erhaltenen Rangsummen erfolgte nach dem Rangsummenverfahren nach KRAMER (1974).

In einer Auswertungstabelle nach DIN 10963 werden für ein festgelegtes Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 5\%$) die Bereiche der Rangsummen angegeben, in denen eine signifikante Unterscheidung der besten und der jeweils schlechtesten Probe innerhalb einer Reihe möglich ist. Die übrigen Proben sind zunächst nicht weiter voneinander zu unterscheiden. Die als nicht unterscheidbar anzusehenden Proben können jedoch ohne Berücksichtigung der als signifikant herausgefundenen Proben nochmals einem Rangsummentest unterworfen werden (= reranging). Die Vorgehensweise ist hierbei die gleiche wie oben beschrieben. Sofern sich unter diesen Proben dann ein gesicherter Unterschied nachweisen läßt, kann eine weitere Unterscheidung und letztlich eine gesicherte Reihenfolge der Proben nach ihrer Bevorzugung festgelegt werden (FLIEDNER u. WILHELMI, 1993).

Weiterhin wurden die Proben der Jahrgänge 1994 und 1995 einer Unterschiedsprüfung, der sogenannten **Dreiecksprüfung**, auch **Triangel-Test** genannt, unterzogen. Dabei hatten die Prüfer die Aufgabe, von 3 Proben, unter denen 2 Proben identisch waren, die abweichende Probe zu ermitteln. Der Dreieckstest eignet sich besonders zur Identifizierung geringer Unterschiede.

Im Gegensatz zur einfachen Dreiecksprüfung (objektive Feststellung) wurde bei der erweiterten Dreiecksprüfung (zusätzliche subjektive Entscheidung) nicht nur danach gefragt, welche der Proben die abweichende ist, sondern die Prüfer sollten zudem ihre Bevorzugung für eine der Proben (Einzel- oder Doppelprobe) äußern.

Die Auswertung der Ergebnisse auf die Frage nach der abweichenden Probe (einseitig gerichteter Test) erfolgte nach der Signifikanztabelle für einfache Dreiecksprüfung von GEIDEL (1976). Die Auswertung im Hinblick auf die Bevorzugung im Rahmen der erweiterten Dreiecksprüfung (zweiseitig gerichteter Test) wurde nach der entsprechenden Signifikanztabelle für paarweise Unterschiedsprüfungen durchgeführt (GEIDEL 1976). Zur Auswertung kamen bei diesem Präferenztest nur die Ergebnisse der Prüfer, die die abweichende Probe erkannt hatten.

Sowohl die Weißweine als auch die Rotweine aus der Umkehrosmoseanreicherung hatten meist eine etwas intensivere Farbe. Um diese Farbunterschiede bei der vergleichenden Prüfung auszuschalten wurde bei Gelb- bzw. Rotlicht beurteilt.

4.4 Kostenvergleichsrechnung

In der Kostenvergleichsrechnung wurden die Kosten für die UO-Anreicherung denen der konventionellen Anreicherung gegenübergestellt. Dabei wurden die Kosten der Vorfiltration mit einem Crossflow-Filter nicht berücksichtigt. Dies scheint auch aus verschiedenen Gründen nicht sinnvoll. Einerseits sind die Kosten der Cross-Flow-Mikrofiltration (CMF) nicht ausschließlich dem Anreicherungsverfahren anzulasten, da das CF-Filtergerät vielseitig einsetzbar ist (Jungweinklärung, Vorlegefiltration bei der Abfüllung). Desweiteren ist die CMF durch den Einsatz im Mehrschichtbetrieb und die mögliche Automatisierbarkeit im Kostenvergleich durchaus konkurrenzfähig zur konventionellen Klärung mit Separator, Kieselgur- und Schichtenfilter, so daß die CMF bei voller Ausnutzung der Einsatzgebiete sogar eine Erniedrigung der Gesamtkosten für die Weinklärung bedeutet (WEINAND 1991). Alleine bei der Abfüllung kann durch die CMF von einer Kosteneinsparung bei den Filtermitteln von 30 % ausgegangen werden, da die Sterilfilter nach der CMF kaum noch zur Verblockung neigen und wesentlich höhere Standzeiten erreicht werden. Nach HOFFMANN et al. (1990) kann die Kosteneinsparung sogar noch höher eingestuft werden. Zudem haben eigene Versuche gezeigt, daß eine derart scharfe Vorfiltration (CMF) nicht zwingend erforderlich ist. Eine UO-Anreicherung kann auch bei guter Trubabtrennung durch Sedimentation und anschließender scharfer Separation bei etwas geringeren Fluxleistungen durchgeführt werden.

Neben den genannten Gründen ist bei entsprechend scharfer Vorklärung der Moste vor der Konzentrierung, von einer deutlich besseren Filtrierbarkeit der Weine nach der Gärung und damit ebenfalls von einer Kosteneinsparung bei der Jungweinklärung auszugehen.

Der Kostenvergleich zwischen konventioneller Saccharoseanreicherung und der Anreicherung mit UO-Anlagen erfolgte am Beispiel von drei verschiedenen Verarbeitungsmengen bzw. Betriebsgrößen.

Betriebs- bzw. Anlagengröße **A** = Weingut / Mostertrag ca. 500 bis 1000 hl/Jahr

Betriebs- bzw. Anlagengröße **B** = Weingut / Mostertrag ca. 2.000 bis 4.000 hl/Jahr

Betriebs- bzw. Anlagengröße **C** = Kellerei / Verarbeitungsmenge ca. 25 bis 60.000 hl/Jahr

Dabei wurde davon ausgegangen, daß die festen Kosten der Saccharoseanreicherung, sowie die Personal und Energiekosten innerhalb der o.g. Mengenbereiche aufgrund der sich nicht verändernden Technologie gleich bleiben. Lediglich eine Änderung der Anreicherungsspanne bewirkt durch die unterschiedlichen Zuckermengen ein Veränderung der Gesamtkosten.

Die Grundlagen einer vergleichenden Kostenrechnung erfordert die Zugrundelegung verschiedener Parameter, die im folgenden näher erläutert werden. Zur Ermittlung der Kosten von Membrananlagen zur UO-Anreicherung konnte nicht auf bereits im Einsatz befindliche Anlagen zurückgegriffen werden, da solche in der Bundesrepublik als großtechnische Anlagen in Kellereien nicht existieren. Daher wurden die Daten basierend auf den in der Herbstkampagne 1995 gemachten Versuchsergebnissen sowie aus der Erfragung von Erfahrungswerten der Herstellerfirma gewonnen, wodurch Abweichungen beim großtechnischen Einsatz, speziell die Fluxleistung betreffend, nicht ganz auszuschließen sind.

4.4.1 Grundlagen für die Kostenkalkulation bei Saccharoseanreicherung

Grundlage der Kostenermittlung für die konventionelle Anreicherung durch Zuckerzusatz war eine Studie der Universität Wageningen über technische und ökonomische Aspekte der Anreicherung von Wein innerhalb der Europäischen Gemeinschaft (DE HOOGH, KLEIN, DUPUY, HOFFMANN et. al. 1990). Hierbei wurde festgestellt, daß bei der Saccharoseanreicherung neben den Personalkosten, der wesentliche Kostenanteil durch den Zucker selbst begründet ist.

In kleineren Betrieben mit jährlichen Verarbeitungsmengen von 500 bis 1.000 hl (Betriebsgröße A) sowie in Mittelbetrieben mit jährlichen Verarbeitungsmengen von 2.000 bis 4.000 hl (Betriebsgröße B) kommen in der Regel keine speziellen Maschinen zum Einsatz. Für die Anreicherung wird lediglich ein Rührgerät und ein Vorlagebehälter benötigt. Diese Geräte werden in vielen anderen Produktionsphasen eingesetzt und verursachen zudem sehr geringe Investitionskosten.

Der Anteil an festen Kosten, welcher der Zuckeringang angerechnet werden könnte, ist verschwindend gering und wurde daher nicht berücksichtigt.

Bei der Ermittlung der variablen Kosten wurde ein handelsüblicher Zuckerpreis von 1,70 DM/kg (Stand 1996) angenommen. Die Personalkosten pro Hektoliter Most wurden für beide Betriebsgrößen (A = 3,24 DM/hl und B = 2,24 DM/hl) aus der Kostenerfassung von HOFFMANN et. al. (1990) übernommen. Ebenso wurden die Energiekosten, die lediglich durch den Pumpvorgang und das Rühren entstehen, übernommen. Hierbei wurde unterstellt, daß bei steigender Betriebsgröße die Größenordnungen der verwendeten Geräte in gleichem Maße wachsen und somit der Arbeitsvorgang und die entsprechenden Personal- und Energiekosten pro Volumeneinheit konstant bleiben.

In Großkellereien (Betriebsgröße C) wurde davon ausgegangen, daß durch den Einsatz von speziellen Zuckervorlagetanks und Wiegevorrichtungen sowie Zuckeringstanks mit größer dimensionierten Rührreinrichtungen, feste Kosten von 0,07 DM/hl Most anfallen (DE HOOGH, KLEIN, DUPUY, HOFFMANN et. al. 1990). Als variable Kosten wurden bei dieser Betriebsgröße lediglich die Personalkosten mit 0,04 DM/hl kalkuliert. Die Energiekosten wurden aufgrund des geringen Ausmaßes nicht berücksichtigt (HOFFMANN 1996).

4.4.2 Grundlagen für die Kostenkalkulation bei Umkehrosmoseanreicherung

Die erforderliche Dimensionierung einer Umkehrosmoseanlage zur Mostkonzentrierung im großtechnischen Einsatz basierte auf den mit der Pilotanlage der Firma Sartorius ermittelten Leistungsdaten. Die anfallenden Investitions-, Material- und Arbeitskosten wurden auf der Grundlage bereits installierter Anlagen im Fruchtsaftbereich und aus der Auswertung von Erfahrungswerten der Firma Sartorius festgelegt.

4.4.2.1 Auslegung der Kapazitäten der UO-Konzentrierungsanlagen

Zunächst wurden für die o.g. Betriebsgrößen drei unterschiedliche Anlagen mit diskontinuierlicher Arbeitsweise simuliert.

Bei der Dimensionierung der UO-Anlagen wurden zunächst die zu verarbeitenden Mostmengen mit einem mittleren QbA-Anteil von 70 % der Gesamterntemenge zugrundegelegt. Es muß allerdings auch berücksichtigt werden, daß der anzureichernde QbA-Anteil in unreifen Jahren nahezu 100 % der Gesamterntemenge betragen kann.

In diesem Fall wäre die Betriebszeit (Tab. 10) entsprechend dem höheren Zeitbedarf durch längere Arbeitszeiten oder durch eine Verlängerung der Kampagne anzupassen.

Bei der Auslegung der UO-Anlagen wurde eine durchschnittliche Fluxleistung von 12 l/m²*h, eine mittlere Anreicherungsspanne von 3 % vol (von 9 auf 12 % vol) und eine durchschnittliche Permeatmenge von 25 % des Ausgangsmostes zugrunde gelegt. Dieser Mittelwert wurde aus den elf Versuchsanreicherungen im Herbst 1995 sowie aus Vorversuchen ermittelt. Ein Versuch mit einem italienischen Muskateller, bei dem der Most nicht mit einem Crossflowfilter vorgeklärt wurde zeigte, daß diese angenommene mittlere Fluxrate auch dann noch realistisch ist (siehe Kap. 3.1).

Unter diesen Bedingungen sollten die drei kalkulierten Anlagen in der Lage sein, Mostmengen von ca. 480 hl/Jahr (Anlage A), 2.000 hl/Jahr (Anlage B) und 32.300 hl/Jahr (Anlage C) zu verarbeiten. Bei dem angenommenen QbA-Anteil von 70 % und einem durchschnittlichen Mostertrag von 95 hl/ha würden diese Mostmengen Betrieben in der Größenordnung von 7 ha, 30 ha bzw. 480 ha entsprechen.

Es war zu beachten, daß der Permeatflux von verschiedenen Faktoren (Temperatur, Zuckerkonzentration, Anreicherungsspanne, Druck u.a.) abhängig ist und daher deutlich abweichen kann (siehe Tab. 9).

Bei den Kostenvergleichsrechnungen, bei denen unterschiedliche Anreicherungsspannen angenommen wurden, ändert sich daher sowohl die abzutrennende Permeatmenge als auch die

durchschnittliche Fluxleistung. Daraus resultieren wiederum abweichende Behandlungszeiten für gleiche Mostmengen. Da die Investitionskosten der kalkulierten Anlagen jedoch bei festgelegten Kapazitäten (Membranflächen und Pumpenausstattung) berechnet wurden, ändert sich durch die Variation der Anreicherungsstärken und der Konzentrationsbereiche in denen Moste angereichert werden, die verarbeitbare Kapazität erheblich. An einem Rechenbeispiel sei kurz gezeigt, wie sich die erforderliche Permeatmenge, die Fluxleistung und der dafür benötigte Zeitaufwand in verschiedenen Konzentrationsbereichen ändert.

Tab. 9: Permeatmenge, Fluxleistung und Zeitaufwand in Abhängigkeit von dem Konzentrationsbereich bei einer Anreicherung um 3 bzw. 1,5 % vol und die daraus resultierenden max. Verarbeitungskapazitäten der kalkulierten Anlagen.

Beispiel für 1.000 l QbA Most, Anreicherung mit einer Pilotanlage (2,5 m ² Membranfläche, Druck 70 bar, Verarbeitungstemperatur 25°C)					Resultierende Verarbeitungshöchst- menge in hl/Jahr		
Alkoholerhöhung in % vol von bis		Permeatmenge in % vom Gundmost	Flux Ø in l/m ² *h	Zeitaufwand Ø in h/hl	Anlagengröße		
					A (5 m ²)	B (21 m ²)	C (112 m ²)
7	- 10	30	17,0	7,1	567	2380	38080
8	- 11	27,3	13,8	7,9	505	2120	33970
9	- 12	25	12,0	8,3	480	2020	32300
10	- 13	23	9,3	9,9	405	1700	27200
10	- 11,5	13	11,4	4,6	877	3680	59000

Wie aus der Tabelle zu sehen ist, sinkt die abzutrennende Permeatmenge bei steigendem Anfangsalkoholgehalt. Jedoch hat dies auch eine Verringerung der Fluxleistung und somit einen insgesamt höheren Zeitaufwand zur Folge. Dadurch verringern sich die erzielbaren Verarbeitungshöchstmengen.

Für die Kostenberechnung der drei UO-Anlagen wurden weiterhin folgende Rahmenbedingungen zugrunde gelegt.

Tab. 10: Rahmenbedingungen für die Auslegung von UO-Anlagen zur Mostanreicherung

Anlage	Membranfläche [m ²]	Betriebsdauer pro Kampagne [Tage]	Betriebszeit pro Tag [Stunden]	max. Verarbeitungsmenge bei 25% Permeat	
				pro Tag	insgesamt
				[Hektoliter]	
A	5	25	8	19	480
B	21	25	8	80	2020
C	112	30	20	1080	32300

Da die Anlagen A und B als manuell zu bedienende Anlagen angenommen wurden, konnte im Einschichtbetrieb eine tägliche Betriebszeit von 8 Stunden angesetzt werden. Anlage C wurde als programmierbare, automatische Anlage kalkuliert, und wäre somit auch über Nacht und damit abzüglich der Reinigungs- und Rüstzeiten 20 Stunden täglich einsetzbar. Die Einsatzdauer innerhalb einer Herbstkampagne wurde bei der Anlage C auf 30 Tage erhöht, da in Kellereien von einem breiteren Spektrum der zu verarbeitenden Moste (früh und spätreife Rebsorten) ausgegangen werden kann.

4.4.2.2 Kapitalkosten

Die Anschaffungspreise der UO-Anlagen wurden als Preisabschätzung auf Kostenbasis Juni 1996 nach den im Anlagenbau üblichen Kostensätzen in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma kalkuliert. Dabei wurden mögliche Kosteneinsparungen durch Serienfertigung seitens des Herstellers nicht berücksichtigt.

Die Kapitalkosten gliedern sich in Abschreibungs- und Zinskosten.

Die jährlichen Abschreibungskosten ergeben sich aus den Gesamtkosten der Maschinenanschaffung. Es wurde davon ausgegangen, daß UO-Anlagen weniger einem wirtschaftlichen als vielmehr einem technischen Wertverlust (technische Überholung) unterliegen. Die Abschreibung der Anschaffungskosten wurde über eine geplante Nutzungsdauer von 10 Jahren linear vorgenommen, da die UO-Membrananlagen kaum kostenaufwendige Verschleißteile enthalten. Die Berücksichtigung eines Restwertes erfolgte nicht.

Die kalkulatorischen Zinsen ergeben sich je nach Art der Finanzierung. Bei Fremdfinanzierung wird der Zinssatz für das eingesetzte Fremdkapital zugrunde gelegt, bei Eigenfinanzierung der Habenzins. Mischfinanzierungen werden mit einem Mischzinssatz

kalkuliert (PREITZ et al., 1984). Bei Annahme einer linearen Abschreibung wurde ein Zinsanspruch von 50 % des Abschreibungswertes zugrunde gelegt. Dabei wurde davon ausgegangen, daß durchschnittlich die Hälfte der Anschaffungskosten im Unternehmen gebunden ist. Die jährlichen Zinskosten wurden daher mit 7 % vom halben Anschaffungswert berechnet.

4.4.2.3 Personalkosten

Personalkosten fallen im wesentlichen für Rüstzeiten, Reinigung und Aufsicht der Anlage während der Konzentrierung an. Für die Anlagengrößen A und B wurde hierfür ein Arbeitszeitaufwand von täglich 2,4 Stunden vorausgesetzt. Bei der Anlagengröße C fallen aufgrund des automatisierten Prozesses geringere Arbeitszeiten an, die mit 2 Stunden täglich kalkuliert wurden. Der geringere Zeitaufwand wird jedoch durch die längere Dauer der Herbstkampagne (30 Tage) wieder aufgehoben, so daß für alle Anlagengrößen ein Arbeitszeitbedarf von 60 Std. pro Jahr angenommen wurde. Da die Bedienung einer UO-Anlage eine höhere Qualifikation voraussetzt, wurden die Personalkosten auf einer Stundenlohnbasis von 50 DM/hl berechnet.

4.4.2.4 Wartungs- und Reparaturkosten

In der Maschinenkostenkalkulation werden im allgemeinen 2 % des Anschaffungspreises für die Instandhaltung angesetzt. Diese Reparaturkosten sind bei Membrananlagen vergleichsweise gering und die Wartungskosten beschränken sich lediglich auf die Wartung der installierten Pumpen. Daher wurde für Reparatur (inklusive der vorbeugenden Reparaturen) und Wartung (Kontrolle der Funktionsfähigkeit sowie die dafür benötigten Betriebsmittel) der UO-Anlagen pauschal jährliche Kosten von 1,5 % der Anschaffungskosten berücksichtigt. Die Höhe der jährlichen Wartungs- und Reparaturkosten ist daher unabhängig davon, ob die Verarbeitungsmengen in den einzelnen Jahren natürliche Schwankungen aufweisen, konstant. Sie haben damit eher Festkostencharakter und wurden deshalb den Festkosten zugerechnet.

4.4.2.5 Materialkosten

Die Materialkosten setzen sich im wesentlichen aus den Membranersatzkosten, sowie den Kosten für Reinigungs- und Konservierungsmittel zusammen.

Die Membranersatzkosten werden hierbei über die voraussichtliche Nutzungszeit, die laut Herstellerangabe 3 Jahre beträgt, abgeschrieben. Da sich diese Angabe im wesentlichen auf Erfahrungswerte aus der Wasseraufbereitung bezieht, wurde bei der Anwendung zur Mostkonzentrierung von einer verkürzten Nutzungsdauer von 2 Jahren ausgegangen. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, daß die Membranen einer stärkeren Belastung ausgesetzt sind. Bei der Mostkonzentrierung sind wesentlich höhere Arbeitsdrücke erforderlich. Weiterhin ist zu erwarten, daß bedingt durch die höhere Konzentration an Extraktstoffen der Moste im Vergleich zu Wasser, eine häufigere chemische Grundreinigung bei extremen pH-Werten erforderlich ist.

Die Membrankosten für einen neuen Satz UO-Membranen ergeben sich aus den Herstellerpreisen wie folgt:

276 DM/m ²	für Anlagengröße A	= 138,00 DM/m ² *Jahr
131 DM/m ²	für Anlagengröße B	= 65,70 DM/m ² *Jahr
205 DM/m ²	für Anlagengröße C	= 102,70 DM/m ² *Jahr

Für die Reinigung und Konservierung wurden folgende Kosten für Chemikalienbedarf berücksichtigt:

200 DM/Jahr	für Anlagengröße A
400 DM/Jahr	für Anlagengröße B
1250 DM/Jahr	für Anlagengröße C

Hierbei wurde von einer täglichen Reinigung mit saurem Reinigungsmittel und 1 bis 2maliger Grundreinigung mit saurem und alkalischem Reinigungsmittel pro Woche ausgegangen. Des weiteren sind hier die Konservierungsmittelkosten enthalten, die bei zweimaliger Naßkonservierung pro Jahr anfallen.

4.4.2.6 Kosten für Energie und Wasser

Die Kosten für die elektrische Energie wurden mit 0,18 DM/kWh, die für Frisch- und Abwasser mit 12,- DM/m³ auf der Grundlage der aktuellen ortsüblichen Preise berechnet.

Der Energieverbrauch der Anlagen wurde unter Berücksichtigung der Maschinenlaufzeiten und der Stromaufnahme der jeweils installierten Geräte ermittelt. Für die Anlagengröße A wurden Stromkosten von 180 DM/Jahr, für Anlage B 290 DM/Jahr und für Anlage C 2160 DM/Jahr errechnet.

Bei der Berechnung der benötigten Wassermengen zur Reinigung der Anlagen wurde von einem Wasserbedarf von 5 bis 8 l/m² bei jedem Spülvorgang ausgegangen. Aus der Summierung der täglichen Wasserspülung und den chemischen Grundreinigungen (2 mal pro Woche) lassen sich folgende Wasserverbrauchszahlen und daraus resultierende Wasserkosten ermitteln:

2,1 m ³ /Jahr	für Anlagengröße A	=	25,20	DM/Jahr
8,5 m ³ /Jahr	für Anlagengröße B	=	102,00	DM/Jahr
48,2 m ³ /Jahr	für Anlagengröße C	=	578,40	DM/Jahr

5 ERGEBNISSE

5.1 Vorbehandlung der Moste vor der UO-Anreicherung

Begründet durch den wesentlichen Einsatzbereich der UO-Konzentrierung, der in der Wasseraufbereitung und Wasserentsalzung zu finden ist, sind die Angaben zur erforderlichen Vorbehandlung fast ausschließlich auf dieses Anwendungsgebiet, d.h. auf Wasser bezogen. Bei Spiralwickelmodulen mit Trennleistungen von >95 % Salzurückhaltung werden zur Vermeidung von frühzeitiger Verblockung der Membranoberfläche durch Ablagerungen und Verstopfung der Strömungskanäle durch grobe Feststoffe besondere Vorbehandlungen des zu verarbeitenden Produktes erforderlich. In der Regel werden maximal zulässige Trübungswerte empfohlen. Für die UO-Membran (SW30HR-2540) der Fa. DOW, die zur Ermittlung der Leistungsdaten verwendet wurde, wird vom Hersteller beispielsweise ein photometrisch meßbarer Trübungswert von maximal 1 NTU (nephelometrical turbid unit) vorgeschrieben. In der Wasseranwendung wird, um diesen Wert zu erreichen, eine Vorfiltration im Bereich von ca. 5 µm empfohlen.

Für die praktische Anwendung der Umkehrosmose zur Mostkonzentrierung bedeutet dies, daß eine starke Trubreduzierung des Keltermostes erforderlich ist. Aus technischen Gründen wurden die für die Versuche verwendeten Moste mit der Cross-Flow-Mikrofiltration (0,45 µm) wesentlich schärfer als vom Membranhersteller gefordert vorgeklärt.

Um allerdings zu untersuchen, inwieweit die ermittelten Leistungsdaten auch bei einer größeren und in der Praxis realisierbaren Vorfiltration aufrechterhalten werden können, wurde hierzu ein Konzentrierungsversuch in einer italienischen Kellerei durchgeführt. Dies war erforderlich, zur Absicherung der Leistungsdaten, die mit mikrofiltrierten Mosten ermittelt wurden und die als Grundlagen für die spätere Anlagenauslegung und damit im wesentlichen für die Kostenkalkulation herangezogen wurden. Für den Versuch wurde ein Muskateller (Moscata bianca) mit 60° Oe nach der Kelterung zunächst über Nacht sedimentiert. Der klare Überstand wurde dann mit einer Zentrifuge separiert. Vor der Konzentration wurde der Most mit einem Kerzenfilter der Fa. Sartorius (Tiefenfilterkerze) mit einer nominellen Trennschärfe von 20 µm filtriert.

Zur besseren Vergleichbarkeit der Fluxleistung mit den ermittelten Leistungsdaten (Kap. 5.5) wurden die Messungen bei einer Mosttemperatur von 25° C, 70 bar, und 60° Oe vorgenommen. Die Fluxleistung betrug unter den genannten Bedingungen 16 l/m²*h. Sie lag damit um etwa 4,5 - 5,5 l/m²*h unter den mit mikrofiltrierten Mosten ermittelten Werten, die zwischen 20,5 und 21,5 l/m²*h ermittelt wurden (siehe Kap. 5.5).

Es wird hier deutlich, daß auch bei einer relativ groben Vorklärung des Mostes mit 20 µm Trennschärfe, im Vergleich zur scharfen Vorklärung mit CMF (0,45 µm), die Fluxleistungen nur um ca. 25 % niedriger waren. Aus praxisorientierter Überlegung ist eine gute Trennung der Mosttrubstoffe vor der Gärung zwar durchaus sinnvoll, jedoch ist eine Cross-Flow-Mikrofiltration eher realitätsfremd. Allerdings wäre eine scharfe Separation und/oder eine anschließende Vorfiltration mit einem Kerzen- oder Kieselgurfilter durchaus denkbar. Somit wäre auch eine schärfere Vorklärung als die o.g. Filtration mit 20 µm realisierbar.

Für die Anlagenauslegung und damit die spätere Kostenkalkulation wurde diesem Sachverhalt dadurch Rechnung getragen, daß die ermittelte Durchschnittsleistung aus allen Anreicherungsversuchen, die etwa bei 16 l/m²*h (25° C und 70 bar) lag, auf eine erzielbare Durchschnittsleistung von 12 l/m²*h (25° C / 70 bar) nach unten korrigiert wurde (siehe Kap. 5.6).

5.2 Anreicherungsversuche zur Weinherstellung in der Herbstkampagne 1993/94

Frühere Versuche zur Anreicherung deutscher Moste mit Umkehrosiose (NEUBERT, WUCHERPFENNIG 1977) wurden alle mit Celluloseacetatmembranen durchgeführt.

Die Wahl des Membranmaterials hängt stark von der vorgesehenen Verwendung ab. Werden neutrale Lösungen bei Raumtemperatur behandelt, so kann jedes Polymer, das die gewünschten Trenneigenschaften aufweist, verwendet werden. Bei sauren und alkalischen Lösungsmitteln oder auch bei erhöhten Bearbeitungstemperaturen müssen die Polymere eine gute chemische und thermische Stabilität besitzen.

Die gebräuchlichsten Polymere im Bereich der UO sind Celluloseacetate, Polyamide, Polyimide und Polysulfone. Polyamidmembranen besitzen eine geringere Temperaturempfindlichkeit sowie eine höhere chemische Beständigkeit gegenüber sauren und alkalischen Reinigungsmitteln als Celluloseacetatmembranen. Daher wurden bei allen Versuchen zur Mostkonzentrierung Polyamidmembranen eingesetzt.

Die für die 93er Moste eingesetzte Membran waren ebenfalls aus Polyamid (Polypiperazin, Grundbaustein = Diethylendiamid).

Zunächst ergab sich die Forderung, die Membran mit den besten Trenneigenschaften für die Mostanreicherung zu finden. Unter Berücksichtigung der für deutsche QbA-Moste typischen Zusammensetzung, sollte die ideale Membran in der Lage sein, den Zucker vollständig zurückzuhalten und gleichzeitig für die Säure, die i.d.R. bei solchen Mosten eher zu hoch ist, möglichst durchlässig sein. Bei der Verwendung von Celluloseacetatmembranen stellte NEUBERT (1977), besonders bei unreifen und säurereichen Traubenmosten, die starke Säureerhöhung als einen wesentlichen Nachteil dar.

Die Angaben der Membranhersteller zur Trennleistung von Membranen sind häufig unter verschiedensten Rahmenbedingungen festgelegt (Temperatur, Druck, Überströmung, Konzentration und Umsetzung) und beziehen sich meist auf die Rückhaltung von Salzen (Natriumchlorid, Magnesiumsulfat). Sie können daher nur bedingt zur Charakterisierung der Trennleistung bezüglich der hier wichtigen Mostinhaltsstoffe (Zucker, Säuren Mineralstoffe u.a.) herangezogen werden.

Daher wurden zunächst zwei Grundmoste (Riesling und Müller-Thurgau) mit drei Membranen verschiedener Trenngrenzen von 76° Oe auf ca. 92° Oe konzentriert. (siehe Kap. 4.2.2). Aufgrund der späten Verfügbarkeit der UO-Anlage der Fa. Strassburger war die Mostvorbereitung (Stummschwefelung, Einlagerung und Entschwefelung) nicht praxisnah. Da für die späteren sensorischen Vergleiche der Weine verschiedene Ausbauvarianten hergestellt werden sollten, wurden die Konzentrierungsversuche mit den Membranen 65 Dalton und 100 Dalton bei beiden Mosten dreimal wiederholt.

Mit der 250-Dalton-Membran wurden bei den beiden Mosten nur zwei Konzentrierungsversuche durchgeführt.

Es entstanden also insgesamt 16 Konzentratmoste, die im folgenden zunächst analytisch untersucht wurden. Ebenso wurden die Ausgangsmoste und die Permeate der Einzelversuche analysiert, um die mengenmäßige und prozentuale Verteilung der Inhaltsstoffe zu untersuchen und so die geeignete Membran für weitere Konzentrierungsversuche zu finden.

5.2.1 Analytische Untersuchungen von 93er Mosten und Permeaten aus Anreicherungsversuchen

Die analytischen Kennzahlen der Ausgangsmoste sowie der Konzentratmoste und der Permeate sind in den Tabellen A1 bis A6 im Anhang zu finden.

Zu der prozentualen Stoffbilanzierung ist neben den absoluten Gehalten der jeweiligen Inhaltsstoffe auch das Permeatvolumen im Verhältnis zum Ausgangsvolumen, d.h. also die Umsetzung oder Conversion der Einzelversuche einzubeziehen.

Umsetzung, Retention, Permeation und Wiederfindung wurden in den Tabellen mit C, R, P und WF bezeichnet und wurden demnach wie folgt berechnet.

$$\text{Umsetzung:} \quad C \text{ in } \% = \frac{V_P \times 100}{V_O}$$

$$\text{Retention eines Stoffes:} \quad R \text{ in } \% = \frac{(V_R \times C_R) \times 100}{V_O \times C_O}$$

$$\text{Permeation eines Stoffes:} \quad P \text{ in } \% = \frac{(V_P \times C_P) \times 100}{V_O \times C_O}$$

$$\text{Wiederfindung:} \quad WF \text{ in } \% = R + P$$

V_O = Ausgangsvolumen des Mostes

C_O = Ausgangskonzentration

V_R = Volumen Retentat

C_R = Konzentration im Retentat

V_P = Gesamtvolumen Permeat

C_P = Konzentration im Permeat

Die Werte für die Wiederfindung von Dichte, Extrakt, Zucker, Gesamtsäure und Äpfelsäure lagen bei beiden Rebsorten und allen drei Membrantypen i.d.R. sehr nahe bei 100 %. Dies deutet auf eine fast vollständige analytische Erfassung der Gesamtstoffmengen hin (siehe Tab. A1 bis A6, Anhang). Ebenso wurden bei den Werten der Mineralstoffe Natrium, Calcium und Magnesium sehr gute Wiederfindungsraten erzielt.

Die geringeren Wiederfindungen der Asche-, Kalium- und Weinsäuregehalte deuten auf den, bereits bei NEUBERT (1977) festgestellten, teilweisen Ausfall von Weinstein aufgrund der Überschreitung des Löslichkeitsproduktes hin, was jedoch während der Konzentrierungsversuche optisch nicht erkennbar war. Dies täuscht eine geringere Aufkonzentrierung dieser Stoffe vor, als sie tatsächlich erzielt wurde. Unabhängig davon

konnten die Verluste von Weinsäure und Kalium anhand der Permeatanalysen erfaßt werden, wodurch auch hier eine Aussage über die Rückhaltung dieser Stoffe möglich war.

Da für die Mostgewinnung bei beiden Rebsorten gesundes Lesegut verwendet wurde, waren die Werte der flüchtigen Säure mit 0,4 g/l (MTH) und 0,43 g/l (Riesling) erwartungsgemäß gering und konnten aufgrund der daraus resultierenden Meßungenauigkeit nicht hinreichend genau bilanziert werden. Erkennbar ist jedoch, daß die Werte der Konzentrate nicht wesentlich anstiegen bzw. teilweise sogar geringer waren als im Ausgangsmost. Zudem waren die ermittelten Werte der Permeate ebenso hoch, teils sogar höher als die der Ausgangsmoste. Dies deutet auf eine sehr gute Durchlässigkeit der Membranen für flüchtige Säuren hin.

Die Bilanz der Metalle Eisen und Kupfer läßt sich nur bedingt auswerten, da die Mengen sehr gering waren und außerdem die Analysenmethode hier nicht hinreichend genau arbeitete. Dies wird schon daraus ersichtlich, daß die Wiederfindungen sehr starken Schwankungen unterlagen und bei Eisen sogar teilweise Werte über 150% erreichten. Ein Eintrag durch nicht korrosionsbeständige Werkstoffe der UO-Anlage ist demnach nicht ganz auszuschließen. Generell kann jedoch auch hier aufgrund der Permeatanalysen eine tendenzielle Aussage getroffen werden. Eisen wird demnach bei allen drei Membrantypen vollständig zurückgehalten, da es in keiner der Permeatproben nachgewiesen werden konnte. Kupfer unterliegt ebenfalls einer starken Rückhaltung durch die Membranen wobei jedoch die 100-Dalton-Membran mit durchschnittlich 0,4% und die 250-Dalton-Membran mit 1,5% eine geringe Durchlässigkeit zeigten.

Die Durchlässigkeit für Zucker, Extrakt, Säuren und Mineralstoffe wurde in den Abbildungen 8 und 9 graphisch dargestellt. Die Permeation wurde hierbei als Mittelwert aus den Einzelversuchen berechnet. Die Anzahl der Versuche betrug für beide Rebsorten (Müller-Thurgau und Riesling) bei den 65- und 100-Dalton-Membranen $n = 3$, und bei der 250-Dalton-Membran $n = 2$.

Abb. 8: Die durchschnittlichen Verluste von Zucker, Gesamtextrakt, Äpfel- und Weinsäure bei der Mostanreicherung unter Anwendung von Polyamidmembran verschiedener Trenneigenschaften.

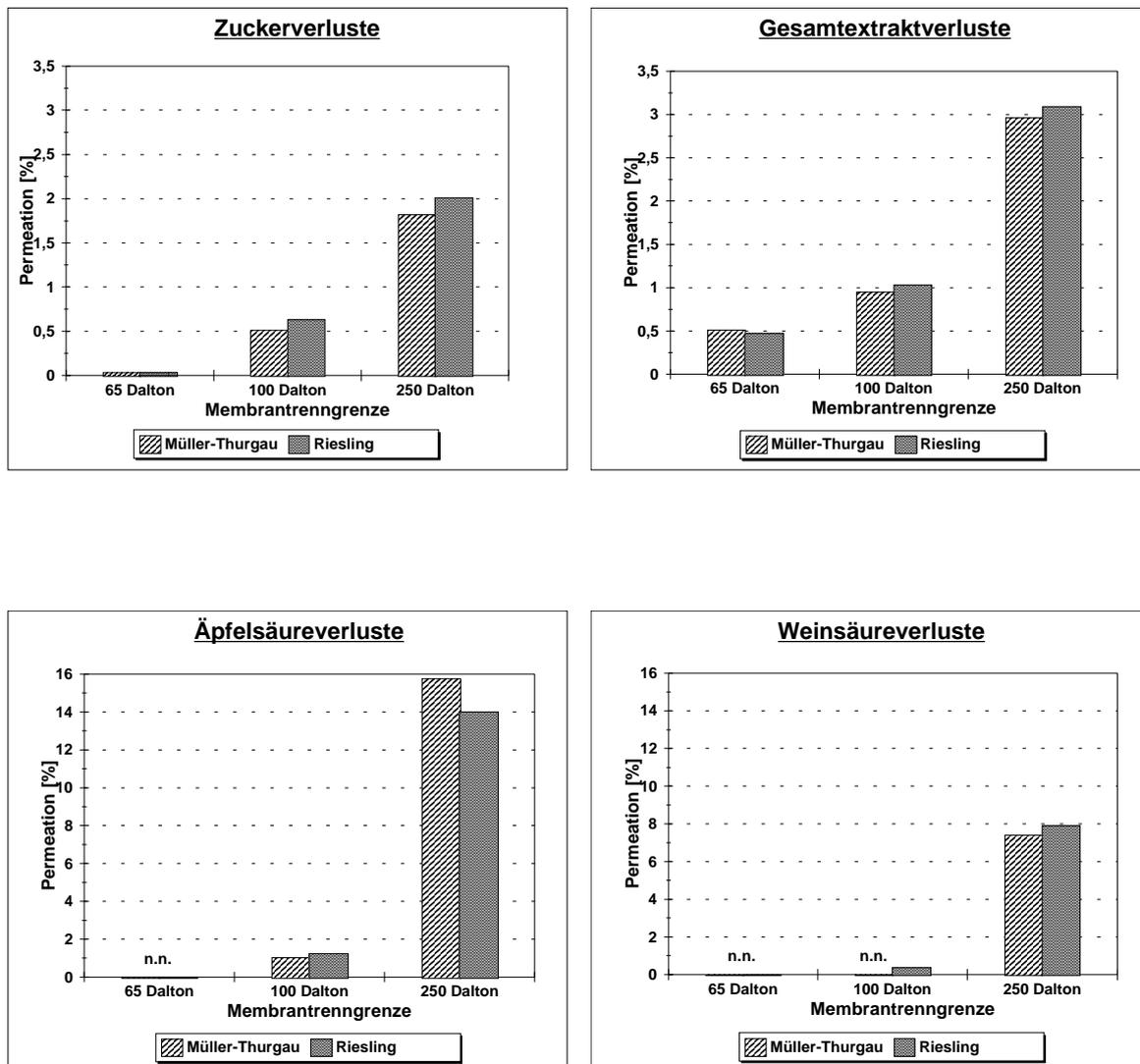
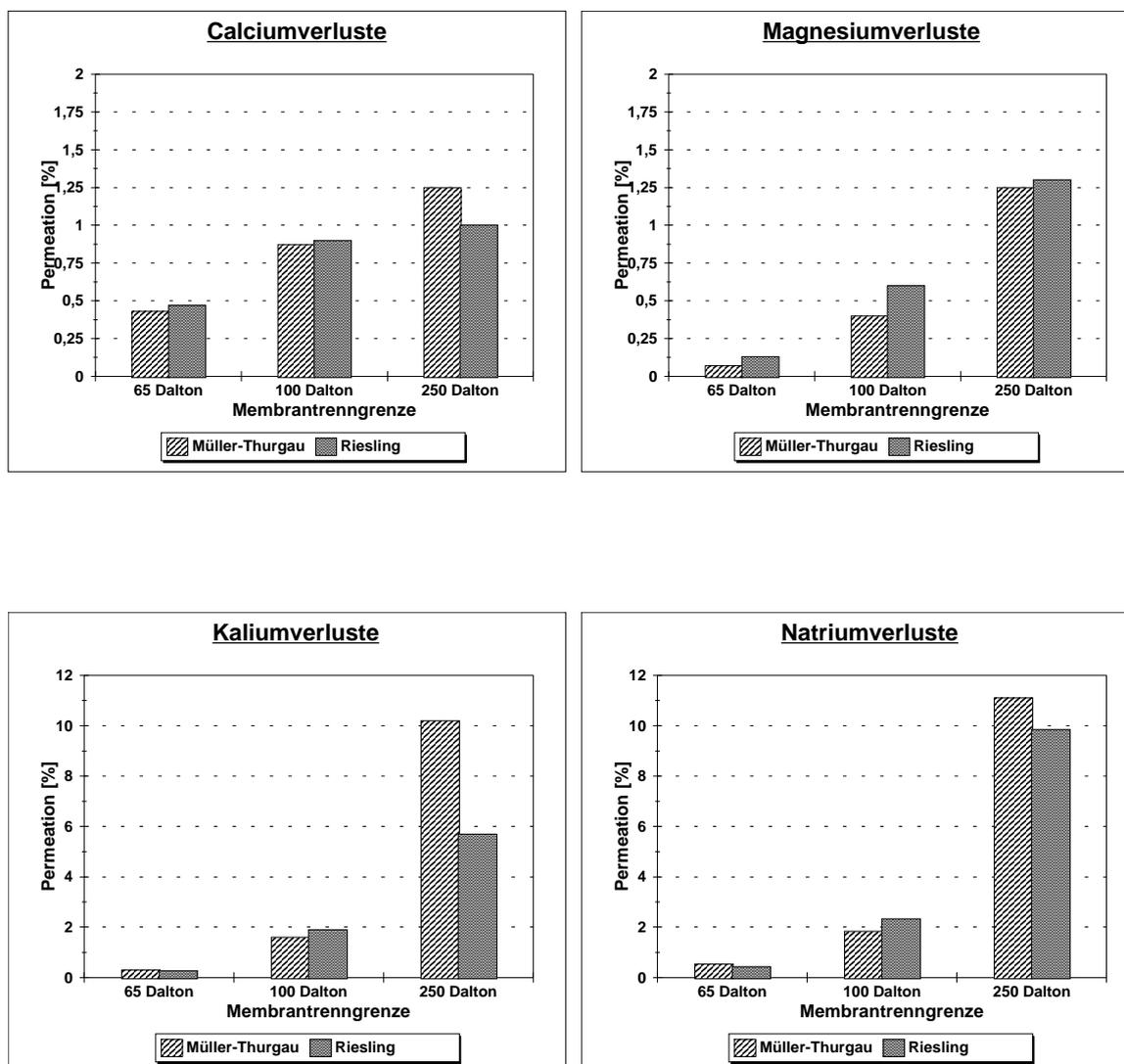


Abb. 9: Die durchschnittlichen Verluste von Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium bei der Mostanreicherung unter Anwendung von Polyamidmembran verschiedener Trenneigenschaften.



Die 65-Dalton-Membran hatte generell eine sehr hohe Trennleistung. Dies wird an dem Gesamtextraktverlust der zwischen 0,47 und 0,53 % bzw. 5,1 bis 5,9 g/l lag, und an der Zuckerpermeation von nur 0,03 bis 0,04 % deutlich. Wein- und Äpfelsäure wurden sogar vollständig zurückgehalten und konnten daher in den Permeatproben analytisch nicht nachgewiesen werden (siehe Abb. 8).

Auch die Verluste an Asche und Mineralstoffen lagen unter 1%. Unterschiedliche Werte in Abhängigkeit der Valenz und Ladung der Ionen konnte bei den Permeaten dieser Membran nicht nachgewiesen werden. Das Permeat war farb- und geruchsneutral und hatte einen leicht seifigen Geschmack.

Bei der 100-Dalton-Membran lagen die Gesamtextraktverluste mit 0,84 bis 1,13 % bzw. 8,5 bis 15 g/l bereits deutlich höher. Mit 0,4 bis 0,8 % (entsprechend 3,8 bis 9,1 g/l) war der Zuckerverlust hauptverantwortlich für die Extraktverluste. Während bei dem Müller-Thurgau auch bei der 100-Dalton-Membran noch keine Weinsäure im Permeat nachweisbar war, gingen beim Riesling bereits 0,2 und 0,3 g/l Weinsäure, entsprechend 0,5 - 0,7 % verloren. Möglicherweise ist die höhere Weinsäuremenge im Ausgangsmost des Rieslings hierfür verantwortlich. Die Äpfelsäure permeierte mit 1,0 bis 1,4 %, was einer Mengen von 0,2 bis 0,4 g/l entspricht, etwas stärker (siehe Abb. 8) als die Weinsäure.

Die Rückhaltung von Mineralstoffen erwies sich bei der 100-Dalton-Membran im Vergleich zur 65-Dalton-Membran bereits deutlich geringer. Sie ähnelt den von SOURIRANJAN (1964) ermittelten Ergebnissen, bei denen eine Beziehung zwischen der Retention und der Ladung auf den Ionen nachgewiesen wurde insoweit, daß die Ionen mit der stärkeren Ladung auch eine stärkere Rückhaltung erfuhren. Calcium permeierte mit durchschnittlich 0,9 % etwas stärker als Magnesium, das zu 0,5 % verloren ging. Die Kalium- und Natriumverluste bewegten sich mit 1,7 % bzw. 2,1 % bereits deutlich höher. Der von NEUBERT (1976) bei Celluloseacetatmembranen gefundene höhere Calciumverlust gegenüber der Natriumpermeation, konnte hier nicht bestätigt werden. Aufgrund der Konzentrationsunterschiede zwischen Kalium und Natrium wäre ein höherer Kaliumdurchgang zu erwarten gewesen. Dieser trat jedoch nicht ein. Vielmehr permeierte Kalium trotz des mehr als 50 mal höheren Gehaltes mit 1,7 % sogar etwas geringer als Natrium (siehe Abb. 9).

Geschmacklich wirkten die Permeate eher neutral. In einigen Permeaten zeigten sich schwach wahrnehmbare geruchliche Komponenten, die allerdings eher unangenehm waren.

Eine sehr starke Erhöhung des Stoffdurchgangs im Vergleich zur 100-Dalton-Membran zeigte sich bei der 250-Dalton-Membran, besonders bei den Werten für Zucker, Extrakt und Säuren sowie bei Kalium und Natrium.

Der Gesamtextraktverlust betrug im Durchschnitt 3 % und der Zuckerverlust 1,9 %. Wenn auch die relativen Angaben hier nicht sonderlich groß erscheinen, zeigen doch die absoluten Durchschnittswerte von 31,4 g/l Gesamtextrakt und 16,9 g/l Zucker den nicht zu tolerierenden Verlust dieser Inhaltsstoffe (siehe Tabellen A1 bis A6 im Anhang).

Bei der Betrachtung der Säuren bestätigte sich der von NEUBERT und WUCHERPFENNIG (1977) gefundene stärkere Durchgang an Äpfelsäure gegenüber der Weinsäure. Ebenso wie bei der 100-Dalton-Membran permeierte auch hier die Äpfelsäure aufgrund der geringeren Ladung des Säureions in deutlich stärkerem Ausmaß als die Weinsäure.

Die Äpfelsäureverluste betragen im Durchschnitt 14,9 %, während die der Weinsäure mit durchschnittlich 7,7 % etwa 50 % niedriger lagen. Inwieweit sich dieser positiv erscheinende Sachverhalt auf das spätere Verhältnis zwischen Wein- und Äpfelsäure der ausgebauten Weine auswirkt, zeigt sich bei der Betrachtung der Weinanalysen (Kap. 5.2.3).

Bei dem Durchgang an Mineralstoffen zeigt sich tendenziell das gleiche Bild wie bei der 100-Dalton-Membran. Auch hier permeierte Kalium trotz des wesentlich höheren Gehaltes im Ausgangsmost mit durchschnittlich 8 % sogar etwas geringer als Natrium, das im Schnitt zu 10,5 % verloren ging. Magnesium und Calcium durchdrangen die Membran aufgrund ihrer stärkeren Ionenladung mit durchschnittlich 1,3 % bzw. 1,1 % wiederum deutlich weniger (siehe Abb. 9).

Die Permeate waren zwar immer noch farblos, zeigten aber bereits ein ungewöhnliches, süßlich muffiges Aroma und einen intensiv sauren Geschmack.

5.2.2 Gärverlauf der 93er Versuchsmoste

Entsprechend der schematischen Darstellung (Kap. 4.2.2) wurden für jeden Vergleichsversuch neben den UO-Varianten jeweils eine Kontrolle (keine Anreicherung) und eine Variante die in gleichem Maße (auf ca. 92° Oe) mit Saccharose angereichert wurde, hergestellt. Die Vorbehandlung war in allen Fällen gleich. Von allen Versuchsvarianten wurden 50 l Most in Glasballons gefüllt und auf eine Starttemperatur von 19° C gebracht, sowie mit Reinzuchthefer (25 g/hl) und Hefenährsalz (30 g/hl) versetzt. Die Umgebungstemperatur wurde während der Vergärung kontrolliert zwischen 19 und 20° C gehalten.

Nach anfänglich schnellem Gärbeginn zeigte sich bereits im zweiten Drittel der Gärung bei allen Varianten gleichermaßen ein stark verlangsamter Zuckerabbau. Bei Zuckergehalten zwischen 10 und 20 g/l kam es zum fast vollständigen Gärstopp. Neben der Verringerung der inneren Oberfläche durch die scharfe Vorfiltration mit dem Cross-Flow-Mikrofilter, kann diese Gärverzögerung auch auf die durch die Stumm- und Entschwefelung erforderliche starke Bentonitgabe (400g/hl) zurückgeführt werden. Durch die damit verbundene Abreicherung der Eiweißstoffe war vermutlich die Nährstoffversorgung der Hefe nicht ausreichend.

Eine weitere Ursache könnte in der langen Lagerung der stumm- und entschwefelten Moste liegen, die nach LÜTHI (1958) bei Konzentraten ebenfalls zur Verringerung von Vitaminen und freien Aminosäuren führt und damit die Hefeernährung gefährdet.

Um einen zufriedenstellenden Endvergärungsgrad zu erreichen, wurde die Hefe der gärenden Moste wiederholt aufgerührt. Dabei kam es zur sehr starken Schaumbildung und CO₂-

Entbindung. Daraus wird deutlich, daß die CO₂-Entbindung aufgrund der geringen inneren Oberfläche gestört war.

Insgesamt dauerte die Gärung der Moste mehr als 2 Monate, so daß der erste Abstich und die Schwefelung mit 100 mg/l erst 70 Tage nach Gärbeginn erfolgen konnte.

5.2.3 Analytische Veränderung der 93er Weine aus Anreicherungsversuchen

Die Glasballons wurden zunächst aufgefüllt, nach etwa 2 Wochen ein zweites mal abgestochen und bis zur Stabilität der Schwefelgehalte gelagert. Nach dem zweiten Abstich erfolgte bei den Vergleichen Nr. 2, 3 (MTH) und Nr. 5 und 6 (Riesling) eine Feinentsäuerung mit kohlensaurem Kalk (siehe Tab. 4, Kap. 4.2.2). Die weitere Behandlung der Weine erfolgte erst nachdem sie weinsteinstabil waren, so daß keine weiteren Veränderungen der Säure- und Kaliumwerte mehr zu erwarten waren.

Erst dann wurden die Weine der Vergleiche Nr. 2 und 5 mit Traubenmost gesüßt und anschließend alle Weine nach einer Vor- und Entkeimungsfiltration abgefüllt.

Bei der Diskussion der Analysenwerte der 93er Weine aus den verschiedenen Vergleichen sollen im folgenden vor allem die Vergleiche Nr. 1 und Nr. 4 näher betrachtet werden, da diese Weine nach der Anreicherung und Vergärung völlig unbehandelt abgefüllt wurden. (Tab. 11 und Tab. 12). Der Vollständigkeit halber sind jedoch auch die Analysenwerte der behandelten Versuchsweine (Vergleiche Nr. 2 und Nr. 3 bzw. Nr. 5 und Nr. 6) in den Tabellen A7 bis A10 im Anhang aufgeführt.

Die bereits angesprochenen Gärprobleme führten zu geringfügigen Schwankungen der Restzuckerwerte, die beim Müller-Thurgau (1,8 bis 7,8 g/l) etwas deutlicher als beim Riesling (2,4 bis 5,4g/l), aber insgesamt jedoch vertretbar waren und sowohl einen analytischen als auch sensorischen Vergleich erlaubten.

Tab. 11: Analysendaten von **93er Müller-Thurgau-Weinen** aus Anreicherungsversuchen
Vergleich Nr. 1

		Vergleich Nr. 1				
Versuch:		MT/93/K/1	MT/93/S/1	MT/93/65D/1	MT/93/100D/1	MT/93/250D/1
Anreicherung:		Kontrolle	Saccharose	UO-65-Dalton	UO-100-Dalton	UO-250-Dalton
Umsetzung:		--	--	C = 19 %	C = 20 %	C = 21 %
Dichte		0,9933	0,9930	0,9935	0,9938	0,9939
Refraktionszahl		33,86	39,79	40,83	41,67	41,65
Leitfähigkeit	µS/cm	1830	1695	1860	1847	1764
vorh. Alkohol	g/l	77,5	93,8	95,2	96,5	96,3
	%vol	9,8	11,9	12,1	12,2	12,2
Gesamtalkohol	g/l	77,9	95,0	97,0	98,9	99,5
	%vol	9,9	12,0	12,3	12,5	12,6
Gesamtextrakt	g/l	16,9	21,4	24,2	25,5	25,6
zuckerfr. Extrakt	g/l	16,1	16,8	20,3	20,3	18,8
Restextrakt	g/l	4,0	3,5	5,8	5,6	4,7
Zucker n.d.Inv.	g/l	1,8	5,6	4,9	6,2	7,8
pH-Wert		3,2	3,1	3,1	3,1	3,2
Gesamtsäure	g/l	6,5	6,4	7,5	7,6	6,4
flüchtige Säure	g/l	0,37	0,65	0,46	0,47	0,60
Weinsäure	g/l	3,2	3,2	3,6	3,7	3,6
L-Äpfelsäure	g/l	2,4	2,5	3,2	3,2	2,7
WS/ÄS-Verhältnis		1,33	1,28	1,13	1,16	1,33
L-Milchsäure	g/l	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02
Zitronensäure	g/l	0,10	0,12	0,13	0,14	0,09
Glycerin	g/l	4,2	5,8	5,8	5,8	5,2
ges. SO ₂	mg/l	142	140	150	154	160
fr. SO ₂	mg/l	43	32	33	35	37
Asche ber.	g/l	1,65	1,8	2,06	2,08	1,97
Kalium	mg/l	847	843	828	831	770
Natrium	mg/l	27	25	30	30	28
Calcium	mg/l	71	67	77	77	69
Magnesium	mg/l	99	98	120	120	122
Chlorid	mg/l	11	11	13	13	11
Nitrat	mg/l	3	3	3	3	3
Phosphat	mg/l	557	562	643	639	657
Sulfat	mg/l	128	113	144	139	137
Eisen	mg/l	1,02	0,98	1,15	1,18	1,16
Kupfer	mg/l	0,26	0,18	0,19	0,18	0,16
Zink	mg/l	1,53	1,17	1,50	1,49	1,62
Gesamtphenole	mg/l	275	295	351	352	346
Kolloide	mg/l	202	222	247	224	244

Tab. 12: Analysendaten von **93er Müller-Thurgau-Weinen** aus Anreicherungsversuchen
Vergleich Nr. 4

		Vergleich Nr. 4				
Versuch:		R/93/K/4	R/93/S/4	R93/65D/4	R93/100D/4	R/93/250D/4
Anreicherung:		Kontrolle	Saccharose	UO-65-Dalton	UO-100-Dalton	UO-250-Dalton
Umsetzung:		--	--	C = 16 %	C = 15 %	C = 15 %
Dichte		0,9953	0,9932	0,9952	0,9948	0,9941
Refraktionszahl		37,49	39,83	42,61	40,12	40,59
Leitfähigkeit	µS/cm	2090	1899	2040	2030	1973
vorh. Alkohol	g/l	81,8	93,4	95,5	90,0	93,0
	%vol	10,4	11,8	12,1	11,4	11,8
Gesamtalkohol	g/l	82,7	94,5	98,0	90,6	94,1
	%vol	10,5	12,0	12,4	11,5	11,9
Gesamtextrakt	g/l	23,7	22,7	28,7	25,5	24,9
zuckerfr. Extrakt	g/l	21,8	21,3	24,3	24,1	22,7
Restextrakt	g/l	5,8	4,2	6,3	6,6	5,1
Zucker n.d.Inv.	g/l	2,9	2,4	5,4	2,4	3,2
pH-Wert		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gesamtsäure	g/l	10,0	9,9	11,4	11,3	10,2
flüchtige Säure	g/l	0,30	0,41	0,51	0,41	0,40
Weinsäure	g/l	4,9	5,2	5,2	5,0	5,5
L-Äpfelsäure	g/l	4,0	4,0	4,8	4,8	4,2
WS/ÄS-Verhältnis		1,23	1,30	1,08	1,04	1,31
L-Milchsäure	g/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,02
Zitronensäure	g/l	0,17	0,17	0,19	0,20	0,20
Glycerin	g/l	5,6	5,5	5,7	5,6	5,8
ges.SO ₂	mg/l	124	129	133	131	124
fr. SO ₂	mg/l	31	41	31	36	32
Asche ber.	g/l	2,14	2,07	2,35	2,22	2,18
Kalium	mg/l	798	837	755	809	826
Natrium	mg/l	25	25	30	29	27
Calcium	mg/l	88	85	98	98	90
Magnesium	mg/l	83	81	100	96	100
Chlorid	mg/l	19	19	23	22	19
Nitrat	mg/l	3	4	4	4	4
Phosphat	mg/l	489	485	539	487	521
Sulfat	mg/l	170	177	196	193	229
Eisen	mg/l	0,72	0,69	0,93	0,89	1,36
Kupfer	mg/l	0,16	0,10	0,14	0,14	0,14
Zink	mg/l	0,92	0,89	1,16	1,13	1,10
Gesamtphenole	mg/l	288	285	321	320	325
Kolloide	mg/l	257	302	278	315	252

In Vergleich Nr. 1 (Tab. 11) zeigt sich eine deutliche Veränderung der Werte des zuckerfreien Extraktes. Sie stiegen von ursprünglich 16,8 g/l, bei der Saccharosevariante, auf 20,3 g/l bei den 65- und 100-Dalton-Membranen und 18,8 g/l bei der 250-Dalton-Membran.

Bei den Varianten 100 Dalton der unbehandelten Vergleiche Nr. 1 und Nr. 4 kam es zu einer Erhöhung des zuckerfreien Extraktes um durchschnittlich 3 g/l.

In der geringen Erhöhung des zfr. Extraktes bei der 250-Dalton-Membran spiegelt sich der bereits festgestellte Säureverlust während der Konzentrierung wider.

Ähnlich wie der zuckerfreie Extrakt veränderte sich auch der Restextrakt der Weine. Die Restextrakte im Vergleich Nr. 1 stiegen von 3,5 g/l (Saccharoseanreicherung) auf 5,8 g/l, 5,6 g/l und 4,7 g/l (65, 100 u. 250 D). Im Vergleich Nr. 4 erhöhten sich die Restextraktwerte von 4,2 g/l (Saccharoseanreicherung) auf 6,3 g/l, 6,6 g/l und 5,1 g/l.

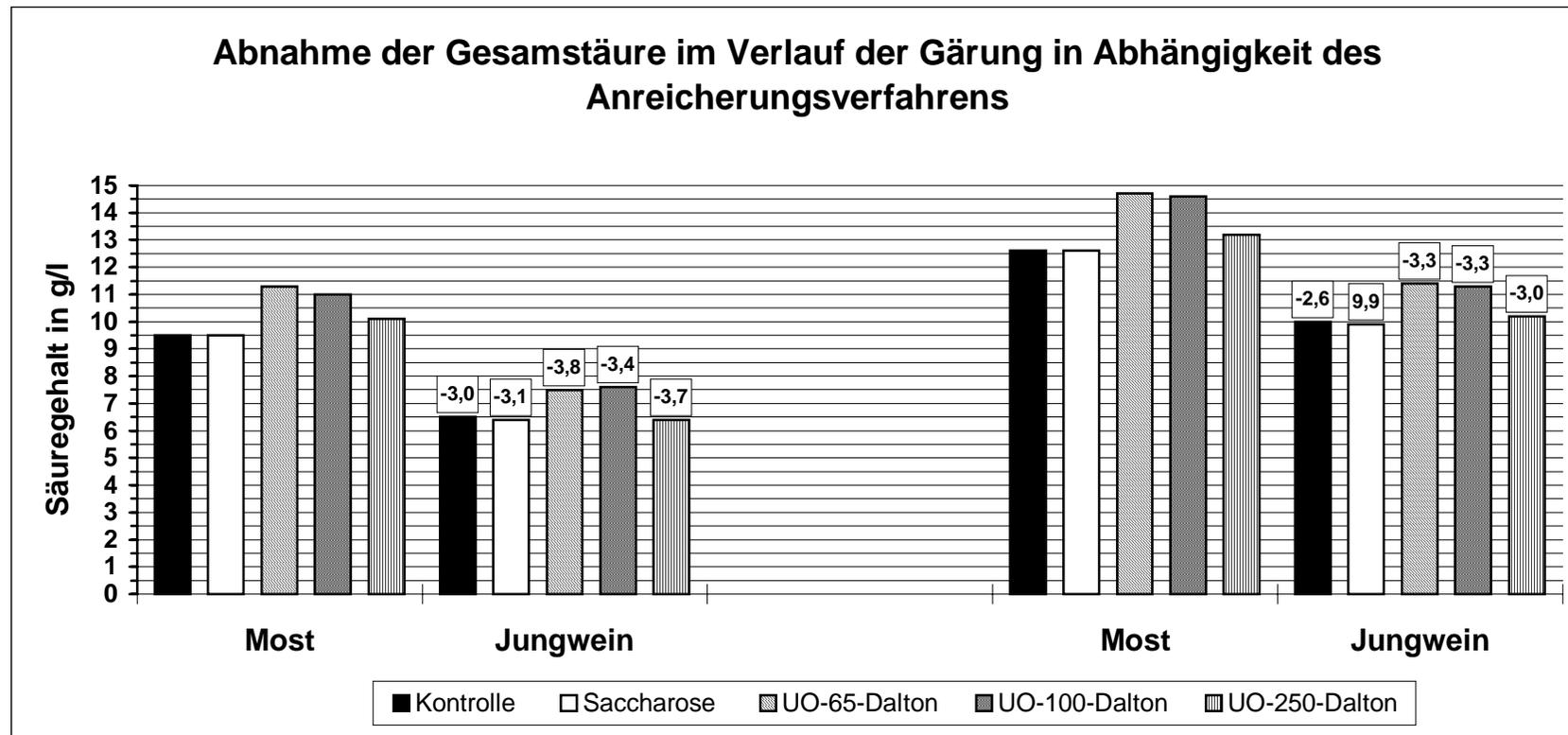
Bei der Anreicherung mit den engporigeren Membranen (65 und 100 Dalton) war demnach eine Restextrakterhöhung von mehr als 2 g/l festzustellen. Bei der 250-Dalton-Membran stiegen die Werte nur um ca. 1 g/l und spiegeln somit, ebenso wie bei der Betrachtung des zuckerfreien Extraktes, die höhere Durchlässigkeit für Mineralstoffe und Säuren wider.

Während die Gesamtsäurewerte des Müller-Thurgau in den Mosten direkt nach der UO-Anreicherung bei den Membranen (65, 100 bzw. 250 Dalton) um 2,8 g/l, 2,5 g/l bzw. 0,6 g/l angestiegen waren (Tab. 11), lagen sie in den Weinen nach der Abfüllung nur noch um 1 g/l (65 Dalton) und 1,2 g/l (100 Dalton) höher als der Säurewert der Saccharosevariante. Bei dem Wein, der mit der 250-Dalton-Membran angereichert wurde, hatte die Gesamtsäure mit 6,4 g/l, sogar den gleichen Wert wie der mit Zucker angereicherte Wein.

Sehr ähnlich verhielt sich der Säureverlauf bei dem Riesling Vergleich Nr. 4. Die Säurewerte erhöhten sich hier um 2,1 g/l, 2,0 g/l und 0,6 g/l (65, 100 und 250 Dalton) und lagen bei den Weinen nach der Abfüllung nur noch 1,5 g/l, 1,4 g/l bzw. 0,2 g/l höher als die Gesamtsäure des konventionell angereicherten Weines.

Hier zeigt sich durch die gleichzeitige Anreicherung von Weinsäure und Kalium eine erhöhte Bereitschaft zur Weinsteinausscheidung, wodurch der anfänglich starke Säureanstieg durch die UO-Konzentrierung zum Teil wieder kompensiert wird. Zur Verdeutlichung wurden die Veränderungen der Gesamtsäurewerte durch den Weinsteinausfall bei den Vergleichen Nr. 1 und 4 in der Abbildung 10 graphisch dargestellt.

Die Ziffern oberhalb der Balken stellen hierbei den Säurerückgang in g/l durch die Weinsteinausscheidung während der Gärung dar.

Abb. 10: Gesamtsäureveränderung durch Weinsteinausfall in 93er Mosten und Weinen in Abhängigkeit vom Anreicherungsverfahren

Die Weinsäurewerte waren sowohl beim Müller-Thurgau mit 3,6 g/l, 3,7 g/l und 3,6 g/l (65, 100 u. 250 Dalton) gegenüber 3,2 g/l (Saccharosevariante), als auch bei Riesling mit 5,2 g/l, 5,0 g/l und 5,5 g/l gegenüber 5,2 g/l unwesentlich verändert.

Demgegenüber hatten sich die Äpfelsäurewerte beim Müller-Thurgau mit 3,2 g/l, 3,2 g/l und 2,7 g/l (65, 100 u. 250 Dalton) gegenüber 2,5 g/l (Saccharosevariante) und beim Riesling mit 4,8 g/l, 4,8 g/l und 4,2 g/l gegenüber 4,0 g/l deutlich erhöht

Die in Kap. 5.2.1 festgestellte stärkere Permeation der Äpfelsäure bewirkte, bei den durch Umkehrosmose angereicherten Mosten, zunächst eine Verbesserung des Verhältnisses zwischen Wein- und Äpfelsäure. Durch die stärkere Neigung zum Ausfall von Kaliumhydrogentatrat (Weinstein) kehrte sich dieser positive Effekt jedoch ins Negative um. Das wird deutlich, wenn man die Weinsäure/Äpfelsäure-Verhältnisse in den abgefüllten Weinen betrachtet. Während die Weine aus konventioneller Anreicherung WS/ÄS-Verhältnisse von 1,28 und 1,30 hatten (Vergleichen Nr. 1 und 4), lagen sie bei den UO-Varianten deutlich niedriger. Beim Müller-Thurgau (Vgl. Nr. 1) verschlechterte sich das Verhältnis auf 1,13 (65 Dalton) und 1,16 (100 Dalton) und beim Riesling erniedrigte es sich sogar auf 1,08 (65 Dalton) und 1,04 (100 Dalton).

Lediglich die Weine, die mit der 250-Dalton-Membran angereichert wurden zeigten, durch den starken Äpfelsäuredurchgang während der Konzentration mit 1,33 (Müller-Thurgau) und 1,31 (Riesling), am Ende praktisch keine Veränderung des WS/ÄS-Verhältnisses.

Ebenso wie in den Mosten zeigten auch bei den Weinen die pH-Werte innerhalb der Vergleiche praktisch keine Veränderungen, obwohl die höheren Gesamtsäurewerte der UO-Varianten geringere pH-Werte vermuten ließen. Hier bestätigt sich die bereits von WUCHERPFENNIG (1977) gezeigte bessere Pufferkapazität der UO-Weine, die auf die Anreicherung der Aschebestandteile zurückzuführen ist.

Die Milchsäurewerte waren sehr gering und häufig nicht nachweisbar, was auf einen guten Weinausbau schließen läßt. Auch die flüchtige Säure schwankte bei den einzelnen Versuchen nur geringfügig und lag mit 0,3 g/l bis 0,58 g/l im Rahmen normaler Weinanalysen. Eine signifikante Veränderung aufgrund des Anreicherungsverfahrens konnte hier ebenso wie bei den Citronensäurewerten (0,03 bis 0,20 g/l), schon wegen der geringen Konzentration nicht nachgewiesen werden.

Eine Veränderung der Glyceringehalte konnte nicht nachgewiesen werden. Glycerin wird zwar bei der Konzentrierung ebenfalls erhöht, jedoch sind die Mengen in den Mosten aus gesundem Lesegut gering, so daß der Glyceringehalt der Weine mehr von der gebildeten Alkoholmenge und dem jeweiligen Gärverlauf als von dem Anreicherungsverfahren abhängig ist.

Die Gehalte an schwefeliger Säure der einzelnen Varianten weichen ebenfalls nur geringfügig voneinander ab. Die erhöhten Werte der gesamtschwefeligen Säure sind auf verhältnismäßig hohe Gehalte (ca. 70 mg/l) der Ausgangsmoste zurückzuführen, da die Entschwefelung nicht vollständig erfolgte.

Die Asche der Weine aus UO-Anreicherung steigt aufgrund der Mineralstoffhöhung erwartungsgemäß mit steigender Rückhaltung der Membranen an, wobei die jeweiligen Erhöhungen durch unterschiedliche Weinsteinausscheidungen nicht immer analog verlaufen. Beim Müller-Thurgau (Vergleich Nr. 1) wurde ein Anstieg der berechneten Asche von 0,26 g/l, 0,28 g/l und 0,17 g/l (65, 100 u. 250 Dalton) festgestellt. Bei den Rieslingweinen (Vergleich Nr. 4) betrug die Ascheerhöhung der UO-Weine gegenüber der Saccharosevariante 0,28 g/l, 0,15 g/l und 0,11 g/l.

Die starke Bereitschaft zur Weinsteinbildung wird ebenfalls bei der Betrachtung der Kaliumwerte deutlich. Obwohl Kalium in den Konzentratmosten deutlich angestiegen war (siehe Tab. A1 bis A6), lagen die Werte nach der Gärung sowohl beim Müller-Thurgau als auch beim Riesling niedriger als die der vergleichbaren Saccharosevarianten. Durch diesen unkontrollierten Weinsteinausfall und die damit verbundene Veränderung der Kaliumwerte war eine Beurteilung der Einzelwerte allerdings nicht möglich.

Bei der Betrachtung der übrigen Mineralstoffe zeigten Natrium und Magnesium die deutlichsten Veränderungen. Die Natriumwerte stiegen in der Reihenfolge 65, 100 und 250 Dalton bei Vergleich Nr. 1 von 25 mg/l im konventionell angereicherten Wein auf 30 mg/l, 29 mg/l und 27 mg/l an. Beim Riesling (Vergleich Nr. 4) stieg der Anfangsgehalt von ebenfalls 25 mg/l auf 30 mg/l (65 Dalton), 30 mg/l (100 Dalton) und 29 mg/l (250 Dalton).

Während hier bei der 250-Dalton-Membran bereits die größere Durchlässigkeit erkennbar ist, zeigt sich gegenüber Magnesium eine gleichmäßige Rückhaltung bei allen drei Membrantypen. So erhöhten sich die Magnesiumwerte im Vergleich Nr. 1 von 98 mg/l auf 120 mg/l (65 und 100 Dalton) und 122 mg/l (250 Dalton) und im Vergleich Nr. 4 von 81 mg/l auf 100 mg/l, 96 mg/l und 100 mg/l (65, 100 u. 250 Dalton).

Die Werte für Eisen zeigten unregelmäßige Schwankungen, lagen jedoch in der Regel bei den UO-Weinen etwa 0,2 mg/l höher als in den Saccharosevarianten. Ebenso schwankten die Kupferwerte stark, wobei teilweise die Gehalte der UO-Weine trotz der an den Mostanalysen festgestellten Mitkonzentrierung sogar niedriger lagen (siehe Anhang Tab. A1, Vergleich Nr. 1). Hier spiegelt sich vermutlich die unkontrollierte, aber starke Abnahme von Kupfer während der Gärung wider, die bereits LANGHANS und SCHLOTTER (1987) beobachteten. Es ist anzunehmen, daß dadurch die geringe Anreicherung bei der Mostkonzentration um ca. 20 % auf den tatsächlichen Endkupfergehalt des Weines nur noch geringen Einfluß hat.

Über die Rückhalteeigenschaft von UO-Membranen gegenüber Metallen sollte jedoch ein weiterer Versuch (Kap. 5.3.1) einen genaueren Aufschluß geben.

Der Zinkgehalt erfuhr einen deutlichen Anstieg bei allen Membrantypen. Im Vergleich Nr. 1 erhöhten sich die Werte von 1,17 mg/l im konventionell angereicherten Wein auf 1,5 mg/l, 1,49 mg/l und 1,62 mg/l und im Vergleich Nr. 4 von 0,89 mg/l auf 1,16 mg/l, 1,13 mg/l und 1,10 mg/l (65, 100 u. 250 Dalton).

Aufgrund der Molekülgröße stiegen erwartungsgemäß sowohl die Kolloid- als auch die Gesamtphenolkonzentrationen in den UO-Weinen deutlich an, wobei die Anreicherung in etwa den Umsetzungen der einzelnen Versuche entsprach. In Vergleich Nr. 1 erhöhte sich der Gesamtphenolgehalt von 295 mg/l (Saccharosevariante) immerhin auf 351 mg/l, 352 mg/l und 346 mg/l (65, 100 u. 250 Dalton).

Die Analysenwerte der Vergleiche 2, 3 sowie 5 und 6 sollen an dieser Stelle nicht ausführlich besprochen, da die Inhaltsstoffe gleiche tendenzielle Veränderungen aufwiesen. Abweichungen in den Zucker-, Säure- und Kaliumgehalten sind auf die vorgenommene Süßung und die unterschiedlich starke Entsäuerung der UO-Weine zurückzuführen.

Bei dem Müller-Thurgau Vergleich Nr. 2 fand bei drei Varianten (Kontroll-, Saccharose- und 100-Dalton-Variante) eine unvollständiger biologischen Säureabbau statt, was an den erhöhten Milchsäurewerten von 1,3 g/l, 1,2 g/l und 0,31 g/l zu erkennen ist. Ebenso bei der Saccharosevariante in Vergleich Nr. 3, bei der 0,95 g/l Milchsäure nachgewiesen wurden. Da eine deutliche Geschmacksbeeinflussung dadurch jedoch nicht festgestellt werden konnte, wurden auch die Weine dieser Vergleiche in die sensorische Beurteilung einbezogen.

5.2.4 Sensorische Beurteilung der 93er Weine aus Anreicherungsversuchen

Um zunächst einen Eindruck über die generelle Qualitätseinschätzung der Versuchsweine zu erhalten, wurden diese sechs Monate nach der Abfüllung von einem geschulten Prüferpanel der Forschungsanstalt Geisenheim verkostet. Die Bewertung erfolgte zuerst nach dem DLG-5-Punkteschema (siehe Kap. 4.3). Es sollte hierbei festgestellt werden, ob die Weine den üblichen Bewertungsmaßstäben, die bei der Vergabe der amtlichen Prüfungsnummer deutscher Qualitäts- und Prädikatsweine angesetzt werden, standhalten können. Dies war erforderlich, da der Ausbau der Versuchsweine durch die Stumm- und Entschwefelung, die lange Lagerung sowie die späte und verzögerte Gärung unter besonderen Bedingungen stattgefunden hatte.

Die Prüfergruppe setzte sich aus 23 Personen zusammen, die die Aufgabe hatten, die Weine nach den Prüfmerkmalen Geruch, Geschmack und Harmonie zu beurteilen. Eine vergleichende Beurteilung sollte hierbei nicht vorgenommen werden, jedoch kann anhand der vergebenen Punktzahlen und der Anzahl der Ablehnungen bereits tendenziell festgestellt werden, ob ein bestimmter Wein sich von den übrigen Varianten innerhalb eines Vergleiches wesentlich unterscheidet oder ob die Unterschiede als eher gering einzuschätzen sind (siehe Tab. 13 und 14).

Die aus den Qualitätszahlen der einzelnen Prüfer gebildeten mittleren Qualitätszahlen zeigen, daß alle Versuchsweine eine amtliche Qualitätsweinprüfung bestanden hätten. Die Ablehnung eines Weines erfolgt in der Praxis erst, wenn die Qualitätszahl kleiner 1,5 ist.

Mit Ausnahme einer Kontrollvariante (Vergleich Nr. 1) lagen die Qualitätszahlen alle über 2 und wurden somit relativ gut bewertet.

Die Zahl der Ablehnungen gibt Auskunft darüber, wie viel Prüfer den jeweiligen Wein insgesamt mit weniger als 1,5 Punkten bewerteten bzw. in mindestens einem der Prüfmerkmale Geruch, Geschmack oder Harmonie weniger als 1,5 Punkte vergaben.

Die nicht angereicherten Kontrollvarianten erhielten häufig die geringsten Punktzahlen und wurden bei späterer Befragung als zu dünn und wässrig bezeichnet.

Tendenziell ist zu erkennen, daß die Saccharosevarianten beim Müller-Thurgau (Vergleiche Nr. 1 bis 3) bei allen drei Vergleichen geringfügig schlechter beurteilt wurden.

Bei dem Riesling (Vergleiche 4 bis 6) lagen die Qualitätszahlen der Saccharosevarianten in der Regel auf dem gleichen Niveau wie die entsprechenden UO-Varianten. Interessant erscheint die Tatsache, daß eine deutliche Veränderung der Beurteilung durch die Entsäuerung (Vergleiche 3 und 6), bzw. durch die Entsäuerung und gleichzeitige Süßung der Weine (Vergleiche 2 und 5) nicht festgestellt werden konnte (siehe Tab. 13 und 14). Dies ist erstaunlich, da besonders die UO-Weine Vergleiche Nr. 1 und 4 (ohne Behandlung) zum Teil stark differierende Säurewerte gegenüber den Saccharose- und Kontrollvarianten hatten (siehe Tab 11 und 12).

Tab. 13: Die sensorische Beurteilung von Weinen aus Anreicherungsversuchen nach dem DLG-5-Punkte-Prüfschema / **Vergleiche Nr. 1 bis 3 / 93er Müller-Thurgau**

Vergleich Nr. 1 / 93er Müller Thurgau QbA / Rheingau / n = 23					
keine Behandlung nach der Gärung					
	Anreicherungsart				
	UO 65 Dalton	UO 100 Dalton	UO 250 Dalton	Saccharose	keine (=Kontrolle)
Ablehnungen	2	1	2	2	5
Qualitätszahl (Ø)	2,47	2,72	2,52	2,42	1,95
Streuung (R)	1,5 / 3,83	1,66 / 3,5	1,5 / 4,0	1,33 / 3,5	1,33 / 3,83
Standardabw. (s)	0,66	0,54	0,59	0,58	0,58

Vergleich Nr. 2 / 93er Müller Thurgau QbA / Rheingau / n = 23					
Entsäuerung auf 6 g/l / Süßung auf 9,5 g/l					
	Anreicherungsart				
	UO 65 Dalton	UO 100 Dalton	UO 250 Dalton	Saccharose	keine (=Kontrolle)
Ablehnungen	2	1	1	1	1
Qualitätszahl (Ø)	2,66	2,76	2,59	2,51	2,31
Streuung (R)	1,33 / 3,83	1,66 / 3,83	1,0 / 3,66	1,66 / 3,16	1,66 / 3,16
Standardabw. (s)	0,64	0,68	0,65	0,44	0,47

Vergleich Nr. 3 / 93er Müller Thurgau QbA / Rheingau / n = 23				
Entsäuerung auf 6 g/l				
	Anreicherungsart			
	UO 65 Dalton	UO 100 Dalton	Saccharose	keine (=Kontrolle)
Ablehnungen	1	1	1	2
Qualitätszahl (Ø)	2,56	2,58	2,28	2,39
Streuung (R)	1,5 / 4,0	1,66 / 3,66	1,33 / 3,66	1,16 / 3,5
Standardabw. (s)	0,64	0,63	0,65	0,63

Tab. 14: Die sensorische Beurteilung von Weinen aus Anreicherungsversuchen nach dem DLG-5-Punkte-Prüfschema / **Vergleiche Nr. 4 bis 6 / 93er Riesling**

Vergleich Nr. 4 / 93er Riesling QbA / Rheingau / n = 23					
keine Behandlung nach der Gärung					
	Anreicherungsart				
	UO 65 Dalton	UO 100 Dalton	UO 250 Dalton	Saccharose	keine (=Kontrolle)
Ablehnungen	1	2	3	1	2
Qualitätszahl (Ø)	2,49	2,26	2,54	2,27	2,17
Streuung (R)	1,33 / 3,16	1,0 / 3,33	1,0 / 3,66	1,33 / 3,5	1,5 / 3,33
Standardabw. (s)	0,56	0,59	0,7	0,53	0,63

Vergleich Nr. 5 / 93er Riesling QbA / Rheingau / n = 23					
Entsäuerung auf 9,5 g/l / Süßung auf 9,5 g/l					
	Anreicherungsart				
	UO 65 Dalton	UO 100 Dalton	UO 250 Dalton	Saccharose	keine (=Kontrolle)
Ablehnungen	--	1	2	--	1
Qualitätszahl (Ø)	2,43	2,32	2,49	2,41	2,23
Streuung (R)	1,66 / 3,5	1,5 / 4,16	1,5 / 3,66	1,5 / 3,66	1,5 / 4,0
Standardabw. (s)	0,53	0,66	0,59	0,62	0,59

Vergleich Nr. 6 / 93er Riesling QbA / Rheingau / n = 23				
Entsäuerung auf 9,5 g/l				
	Anreicherungsart			
	UO 65 Dalton	UO 100 Dalton	Saccharose	keine (=Kontrolle)
Ablehnungen	--	--	2	2
Qualitätszahl (Ø)	2,35	2,44	2,41	2,09
Streuung (R)	1,5 / 3,66	1,66 / 3,66	1,83 / 3,33	1,33 / 3,66
Standardabw. (s)	0,61	0,56	0,51	0,57

Neben der bewertenden Prüfung wurden die Weine, ebenfalls nach 6-monatiger Lagerung einer Rangordnungsprüfung unterzogen. Das Prüferpanel setzte sich hier aus 25 Personen zusammen. Die Einzelvarianten der Vergleiche wurden in einer direkten Gegenüberstellung vergleichend verkostet. Die Vergabe der Rangplätze erfolgte wie in Kapitel 4.3 beschrieben, nach einer Auswertungstabelle von KRAMER (1974). Die Irrtumswahrscheinlichkeit der Ergebnisse liegt bei 5 %.

In Tab. 15 ist zu erkennen, daß die Variante 100-Dalton im Vergleich Nr. 1 (ohne Behandlung) den ersten Rang erhielt und die Kontrollvariante auf den letzten Rang gestellt wurde. Eine weitere Unterscheidung zwischen den UO-Varianten und dem durch Saccharose angereicherten Wein konnte nicht getroffen werden.

Bei der Gegenüberstellung der Weine aus Vergleich Nr. 2 und 3 lagen die Rangsummen sehr nahe beieinander, so daß keinerlei Differenzierung zwischen den UO-Weinen und der Saccharosevariante erfolgen konnte. Lediglich die Kontrollvariante wurde im Vergleich Nr. 2 ebenfalls signifikant auf den letzten Rang gesetzt.

Ähnlich waren die Ergebnisse bei den Rieslingweinen (Tab. 16). Im Vergleich Nr. 4 (ohne Behandlung) wurde nur die nicht angereicherte Kontrollvariante signifikant schlechter bewertet und erhielt den letzten Rang. Unter den angereicherten Varianten konnte keine Bevorzugung festgestellt werden. Das gleiche Ergebnis zeigte sich bei dem Riesling (Vergleich Nr. 6). Bei der Gegenüberstellung der entsäuerten und gesüßten Weine (Vergleich Nr. 5) erhielt die UO-Variante 250-Dalton den ersten Rang, während eine weitere Unterscheidung zwischen den übrigen UO-Weinen und der Saccharosevariante nicht gefunden werden konnte.

Generell zeigte sich, daß die Kontrollvarianten, die bereits in der bewertenden Prüfung etwas niedrigere Punktzahlen erhielten, auch hier schlechter beurteilt wurden. Mit Ausnahme von Vergleich Nr. 3 (Müller-Thurgau / entsäuert) erhielten alle nicht angereicherten Kontrollvarianten signifikant den letzten Rang. Damit zeigt sich, daß die Anreicherung trotz der relativ hohen Ausgangsmostgewichte der verwendeten Grundmoste (ca. 75° Oe) eine Verbesserung der sensorischen Qualitätsbeurteilung bewirkte. Bei allen 6 Vergleichen wurde jedoch nur in zwei Fällen (Müller-Thurgau, Vergleich Nr. 1 und Riesling, Vergleich Nr. 5) ein signifikanter Unterschied zwischen Umkehrosmose- und Saccharoseanreicherung festgestellt, wobei einmal die 100-Dalton- und einmal die 250-Dalton-Variante besser bewertet wurde als die dazugehörige Saccharosevariante.

Tab. 15: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen **6 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 1 bis 3 / 93er Müller-Thurgau**

Vergleich Nr. 1 / 93er Müller-Thurgau QbA / unbehandelt / n = 25 / p = 5%					
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile				
	Anreicherungsart			Saccharose	keine (Kontrolle)
Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Umkehrosrose 250 Dalton			
1	6	12	1	4	2
2	12	8	16	12	2
3	15	12	39	9	0
4	16	16	12	32	24
5	20	5	0	20	80
Rangsumme	69	53	68	77	108
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 5 Proben = 59 - 91					
Rangplatz	--	1	--	--	5
Rangsumme "rerange"	47	--	48	55	--
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 3 Proben = 41 - 59					
Rangplatz	2	1	2	2	5

Vergleich Nr. 2 / 93er Müller-Thurgau QbA / Entsäuerung u. Süßung / n = 25 / p = 5%					
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile				
	Anreicherungsart			Saccharose	keine (Kontrolle)
Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Umkehrosrose 250 Dalton			
1	6	9	4	4	2
2	10	14	18	6	2
3	15	6	27	12	15
4	12	20	8	40	20
5	30	10	5	20	60
Rangsumme	73	59	62	82	99
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 5 Proben = 59 - 91					
Rangplatz	--	--	--	--	5
Rangsumme "rerange"	65	54	56	75	--
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 4 Proben = 50 - 75					
Rangplatz	1	1	1	1	5

Vergleich Nr. 3 / 93er Müller-Thurgau QbA / Entsäuerung / n = 25 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart		Saccharose	keine (Kontrolle)
Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton			
1	8	10	2	5
2	12	14	16	8
3	24	15	9	27
4	12	12	48	28
Rangsumme	56	51	75	68
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 4 Proben = 50 - 75				
Rangplatz	1	1	1	1

Tab. 16: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen **6 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 4 bis 6 / 93er Riesling**

Vergleich Nr. 4 / 93er Riesling QbA / unbehandelt / n = 25 / p = 5%					
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile				
	Anreicherungsart			Saccharose	keine (Kontrolle)
Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Umkehrosrose 250 Dalton			
1	7	2	10	4	2
2	14	12	10	8	6
3	15	12	9	30	9
4	8	40	8	16	28
5	20	15	25	15	50
Rangsumme	64	81	62	73	95
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 5 Proben = 59 - 91					
Rangplatz	--	--	--	--	5
Rangsumme "rerange"	57	73	55	65	--
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 4 Proben = 50 - 75					
Rangplatz	1	1	1	1	5

Vergleich Nr. 5 / 93er Riesling QbA / Entsäuerung u. Süßung / n = 25 / p = 5%					
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile				
	Anreicherungsart			Saccharose	keine (Kontrolle)
Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Umkehrosrose 250 Dalton			
1	6	2	11	6	0
2	8	12	14	10	6
3	15	24	6	15	15
4	12	28	8	24	28
5	35	10	15	15	50
Rangsumme	76	76	54	70	99
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 5 Proben = 59 - 91					
Rangplatz	--	--	1	--	5
Rangsumme "rerange"	50	51	--	49	--
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 3 Proben = 41 - 59					
Rangplatz	2	2	1	2	5

Vergleich Nr. 6 / 93er Riesling QbA / Entsäuerung / n = 25 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart		Saccharose	keine (Kontrolle)
Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton			
1	4	8	10	3
2	16	14	12	8
3	36	21	12	6
4	4	12	20	64
Rangsumme	60	55	54	81
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 4 Proben = 50 - 75				
Rangplatz	--	--	--	4
Rangsumme "rerange"	55	48	47	--
Kritische Rangsumme bei 25 Prüfern / 3 Proben = 41 - 59				
Rangplatz	1	1	1	4

Zur Überprüfung dieses Ergebnisses wurde die Rangordnungsprüfung 12 Monate nach der Abfüllung wiederholt. Aufgrund der Tatsache, daß die 250-Dalton-Membran bei den Most- und Permeatanalysen nicht zu tolerierende Zuckerverluste zeigten und die Weine beim ersten sensorischen Vergleich nicht deutlich von den anderen UO-Varianten zu unterscheiden waren, wurden die 250-Dalton-Varianten nicht in die weiteren Verkostungen einbezogen.

Bei der Verkostung nach 12 Monaten zeigten sich keine gravierende Unterschiede zur ersten Rangordnungsprüfung. Die nicht angereicherten Kontrollweine erhielten in nur zwei Fällen (Vergleich Nr. 1 und Nr. 3) signifikant den letzten Rang und wurden damit etwas besser bewertet als bei der ersten Verkostung. Zwischen Umkehrosiose- und Saccharoseanreicherung konnten die Prüfer nur im Vergleich Nr. 3 unterscheiden, wobei hier wiederum die UO-Variante (100-Dalton) mit Rang 1 besser eingestuft wurde als der mit Saccharose angereicherte Wein, der Rang 4 erhielt (siehe Tab. 17 und 18).

Tab. 17: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen **12 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 1 bis 3 / 93er Müller-Thurgau**

Vergleich Nr. 1 / 93er Müller-Thurgau QbA / unbehandelt / n = 13 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Saccharose	keine (Kontrolle)
1	6	1	3	3
2	2	10	14	0
3	15	15	9	0
4	4	8	0	40
Rangsumme	27	34	26	43
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 4 Proben = 24 - 41				
Rangplatz	--	--	--	4
Rangsumme "rerange"	24	31	23	--
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 3 Proben = 20 - 32				
Rangplatz	1	1	1	4

Vergleich Nr. 2 / 93er Müller-Thurgau QbA / Entsäuerung u. Süßung / n = 13 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Saccharose	keine (Kontrolle)
1	3	7	2	1
2	8	6	8	4
3	15	0	6	18
4	4	12	20	16
Rangsumme	30	25	36	39
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 4 Proben = 24 - 41				
Rangplatz	1	1	1	1
Rangsumme "rerange"	--	--	--	--
Rangplatz	1	1	1	1

Vergleich Nr. 3 / 93er Müller-Thurgau QbA / Entsäuerung / n = 13 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Saccharose	keine (Kontrolle)
1	0	8	0	5
2	4	4	6	12
3	24	3	9	3
4	12	8	28	4
Rangsumme	40	23	43	24
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 4 Proben = 24 - 41				
Rangplatz	--	1	4	--
Rangsumme "rerange"	25	--	--	14
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 2 Proben = 16 - 23				
Rangplatz	3	1	4	2

Tab. 18: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von Weinen aus Anreicherungsversuchen **12 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 4 bis 6 / 93er Riesling**

Vergleich Nr. 4 / 93er Riesling QbA / unbehandelt / n = 13 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Saccharose	keine (Kontrolle)
1	7	1	4	1
2	2	10	4	10
3	12	9	12	6
4	4	16	12	20
Rangsumme	25	36	32	37
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 4 Proben = 24 - 41				
Rangplatz	1	1	1	1
Rangsumme "rerange"	--	--	--	--
Rangplatz	1	1	1	1

Vergleich Nr. 5 / 93er Riesling QbA / Entsäuerung u. Süßung / n = 13 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Saccharose	keine (Kontrolle)
1	4	6	3	0
2	6	8	6	6
3	3	0	21	15
4	20	12	0	20
Rangsumme	33	26	30	41
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 4 Proben = 24 - 41				
Rangplatz	1	1	1	1
Rangsumme "rerange"	--	--	--	--
Rangplatz	1	1	1	1

Vergleich Nr. 6 / 93er Riesling QbA / Entsäuerung / n = 13 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosrose 65 Dalton	Umkehrosrose 100 Dalton	Saccharose	keine (Kontrolle)
1	3	6	3	1
2	10	2	6	8
3	6	9	15	9
4	12	12	8	20
Rangsumme	31	29	32	38
Kritische Rangsumme bei 13 Prüfern / 4 Proben = 24 - 41				
Rangplatz	1	1	1	1
Rangsumme "rerange"	--	--	--	--
Rangplatz	1	1	1	1

Unter Berücksichtigung der Analysenwerte in den Mosten und Weinen läßt sich festhalten, daß wie bereits erwähnt, die 250-Dalton-Membran zu große Zuckerverluste aufweist und damit für den praktischen Einsatz ungeeignet erscheint. Zudem hat der sensorische Vergleich gezeigt, daß auch gegenüber den mit 65 und 100 Dalton angereicherten Weinen keine Verbesserung erreicht werden konnte. Die Membran mit einer Trenngrenze von 100 Dalton zeigt gegenüber der 65-Dalton-Membran eine etwas bessere Durchlässigkeit gegenüber der Äpfelsäure und den meisten Mineralstoffen bei gleichzeitig tolerierbarem Zuckerverlust und kann daher von den untersuchten Membranen als die am besten geeignete bezeichnet werden. Sensorische Unterschiede zwischen beiden Membrantypen ließen sich nicht erkennen. Vergleicht man also lediglich die UO-Weine, die mit der 100-Dalton-Membran angereichert wurden mit den jeweiligen Saccharosevarianten, zeigt sich folgendes Gesamtergebnis:

Tab. 19: Ergebniszusammenfassung der Rangordnungsprüfungen 93er Versuchsweine

Rebsorte	Zeitraum nach Abfüllung (Monate)	sensorische Vergleiche (Anzahl)	signifikant bessere Beurteilungen	
			UO-100-Dalton (Anzahl)	Saccharose (Anzahl)
Müller-Thurgau	6	3	1	0
Riesling	6	3	0	0
Müller-Thurgau	12	3	1	0
Riesling	12	3	0	0
Summe	--	12	2	0

Bei insgesamt 12 Rangordnungsprüfungen, die 6 bzw. 12 Monate nach der Abfüllung durchgeführt wurden, war in nur 2 Fällen eine signifikante Unterscheidung zwischen den konventionell mit Saccharose angereicherten Weinen und den Weinen, die mit einer 100-Dalton-Membran angereichert wurden, festzustellen (siehe Tab. 19). In beiden Fällen handelte es sich um den Müller-Thurgau, wobei 6 Monate nach der Abfüllung der UO-Wein des unbehandelten Vergleichs (Nr. 1) und 12 Monate nach der Abfüllung der UO-Wein des entsäuerten Vergleichs (Nr. 3) besser bewertet wurde.

Durch die Entsäuerung und Süßung der Vergleichsvarianten konnte demnach keine signifikante Veränderung in der sensorischen Bewertung festgestellt werden.

5.3 Anreicherungsversuche zur Weinherstellung in der Herbstkampagne 94/95

Im Gegensatz zum Vorjahr wurden, wie in Kapitel 4.2.4 beschrieben, in der Herbstkampagne 94/95 Frischmoste verarbeitet. Die Ergebnisse aus den 93er Versuchen zeigten, daß die 250-Dalton-Membran im Hinblick auf die sensorische Beurteilung der Weine ebenso geeignet wäre, wie die engporigeren 65- und 100-Dalton-Membranen. In säurereichen Mosten müßte dieser Membrantyp, aufgrund der geringeren Säurerückhaltung, sogar bevorzugt werden. Allerdings zeigten die Permeatanalysen, daß die Zuckerverlust bei der 250-Dalton-Membran zu hoch sind, um noch toleriert werden zu können.

Die 65-Dalton-Membran zeigte zwar eine etwas bessere Rückhaltung gegenüber den Extraktstoffen, jedoch lag der Zuckerverlust bei der 100-Dalton-Membran mit ca. 0,5 % durchaus im vertretbaren Rahmen. Damit ist die Trennleistung der 65-Dalton-Membran höher, als es den Erfordernissen bei der Mostanreicherung entspricht. Aus diesen Gründen wurden die weiteren Versuche mit 100-Dalton-Membranen, wie in Kapitel 4.2.4 beschrieben, durchgeführt.

Zunächst wurden für die Versuche weitere Rebsorten, darunter auch ein Spätburgunder Weißherbst und ein Portugieser Rotwein, sowie die Bukettrebsorte Bacchus verwendet. Die Mostgewichte, die sorten- und jahrgangsbedingt 1994 etwas niedriger lagen, machten bei einigen Versuchen eine größere Anreicherungsspanne als im Vorjahr erforderlich.

Tab. 20: Anreicherungsspannen der Versuchsmoste des Jahrgangs 1994

Vergleich Nr.	Ausgangs- mostgewicht von° Oe	Saccharose- anreicherung auf° Oe	UO- Anreicherung auf° Oe	= Umsetzung C in %
1	57	81	83	30,1
2	70	85	86	19,1
3	74	92	91	19,9
4	77	88	90	15,5
5	64	88	90	27,8
6	67	89	88	24,8
7	72	86	89	19,8

5.3.1 Analytische Untersuchungen von 94er Mosten und Permeaten aus Anreicherungsversuchen

Die analytischen Veränderungen der Moste aus den UO-Anreicherungen ähnelten im wesentlichen den im Vorjahr ermittelten Daten. Daher wurde eine umfangreiche analytische Untersuchung nur bei 4 der insgesamt 7 Vergleiche durchgeführt.

In den Tabellen A11 bis A14 (siehe Anhang) sind die Analysendaten der mit Saccharose und Umkehrosiose angereicherten Moste, sowie der UO-Permeate aus den Vergleichen Nr. 2 Spätburgunder Weißherbst, Nr. 4 Riesling, Nr. 5 Portugieser Rotwein und Nr. 6 Bacchus aufgeführt. Eine prozentuale Bilanzierung der Retention und Permeation, unter Berücksichtigung der Volumina von Ausgangsmost und Permeat, wurde nur bei den Säuren, den Mineralstoffen und den Metallen vorgenommen, da die Gesamtextrakt-, Zucker- und Dichtewerte der Saccharosevarianten durch den Zuckerzusatz bereits erhöht waren. Sie konnten daher nicht als Ausgangsbasis herangezogen werden.

Bei der Betrachtung der Dichte- und Zuckerwerte ist zu erkennen, daß bei allen Vergleichen trotz relativ guter Übereinstimmung der Dichte, d.h. gleiche Mostgewichte, die Zuckerwerte der UO-Moste immer niedriger liegen als die der Saccharosevarianten.

Da sich neben Zucker bei der UO auch die anderen Extraktstoffe aufkonzentrieren, ist um gleich hohe Zuckergehalte der beiden Varianten zu erreichen, die Mostgewichtsbestimmung nicht ausreichend. Ein Rückschluß auf die Zuckerkonzentration allein aus dem Mostgewicht ist bei den durch UO angereicherten Mosten um so ungenauer, je größer die Anreicherungsspanne ist.

Die üblichen Umrechnungsfaktoren für die Berechnung des potentiellen Gesamtalkoholgehaltes aus dem Mostgewicht bzw. der Dichte sind daher bei der UO-Anreicherung nicht mehr hinreichend genau, wodurch eine Korrektur der Umrechnungsfaktoren oder aber eine genaue Zuckerbestimmung erforderlich wird.

Die Umsetzung bei der UO-Anreicherung des Spätburgunder von 19,1 % entspricht den mittleren Umsetzungswerten der Versuche 1993. Vergleicht man jedoch die Analysenwerte der Permeate, so ist beispielsweise an den Leitfähigkeitswerten zu erkennen, daß diese bei der Membran der Fa. Millipore um ca. 50 % niedriger liegen. Hier zeichnet sich eine stärkere Rückhaltung dieser Membran ab.

Dies war ein unerwartetes Ergebnis, zumal die vom Hersteller angegebene Trennleistung der Millipore-Membran mit 94 % NaCl-Salzurückhaltung gegenüber der Membran der Fa. Toray Ind. mit 99,7 % NaCl-Salzurückhaltung deutlich geringer war.

Es zeigt sich demnach das bereits angesprochene Problem der Beurteilung der Trennleistung von Membranen. Allein mit den von den Membranherstellern angegebenen Spezifikationsdaten ist keine genaue Aussage über die tatsächliche Trennleistung gegenüber den wichtigsten Mostinhaltsstoffen (Extrakt, Zucker u. Säuren) möglich. Ein direkter Vergleich zwischen Membranen verschiedener Hersteller ist daher nur bedingt möglich.

Die absoluten Gesamtextraktwerte der UO-Permeate schwankten zwischen 5,4 und 7 g/l. Damit lagen die Verluste etwa 50 % niedriger als die der 100-Dalton-Membran, die 1993 verwendet wurde.

Ebenso wurde die stärkere Rückhaltung der Millipore-Membran an den Zuckerverlusten deutlich. Mit 0,4 bis 1 g/l betrug diese nur ein Zehntel der Zuckerverluste, die im Vorjahr festgestellt wurden (3,8 bis 9,1 g/l).

Im Gegensatz zu Extrakt und Zucker war die Rückhaltung der Säuren fast identisch mit den Versuchen im Vorjahr. So wurden in den Permeaten auch hier vernachlässigbare Gesamtsäurewerte zwischen 0,2 und 0,5 g/l gefunden was prozentualen Verlusten von 0,4 bis 1,4 % entspricht (siehe Tab. A11 bis A14 im Anhang).

Ebenso wie im Vorjahr zeigte sich auch bei dieser Membran eine stärkere Rückhaltung der Weinsäure gegenüber der Äpfelsäure. In den Permeaten wurden Weinsäurewerte zwischen 0,03 und 0,14 g/l (entspricht 0,1 bis 0,2 %) gefunden, während die Äpfelsäureverluste zwischen 0,2 und 0,4 g/l (entspricht 0,4 bis 1,0 %) deutlich höher lagen. Die Permeation der Gesamtsäure lag zwischen 0,2 und 0,5 g/l (entspricht 0,2 bis 0,9 %) und bewegte sich damit bei allen Versuchen zwischen den Durchgangsraten von Wein- und Äpfelsäure.

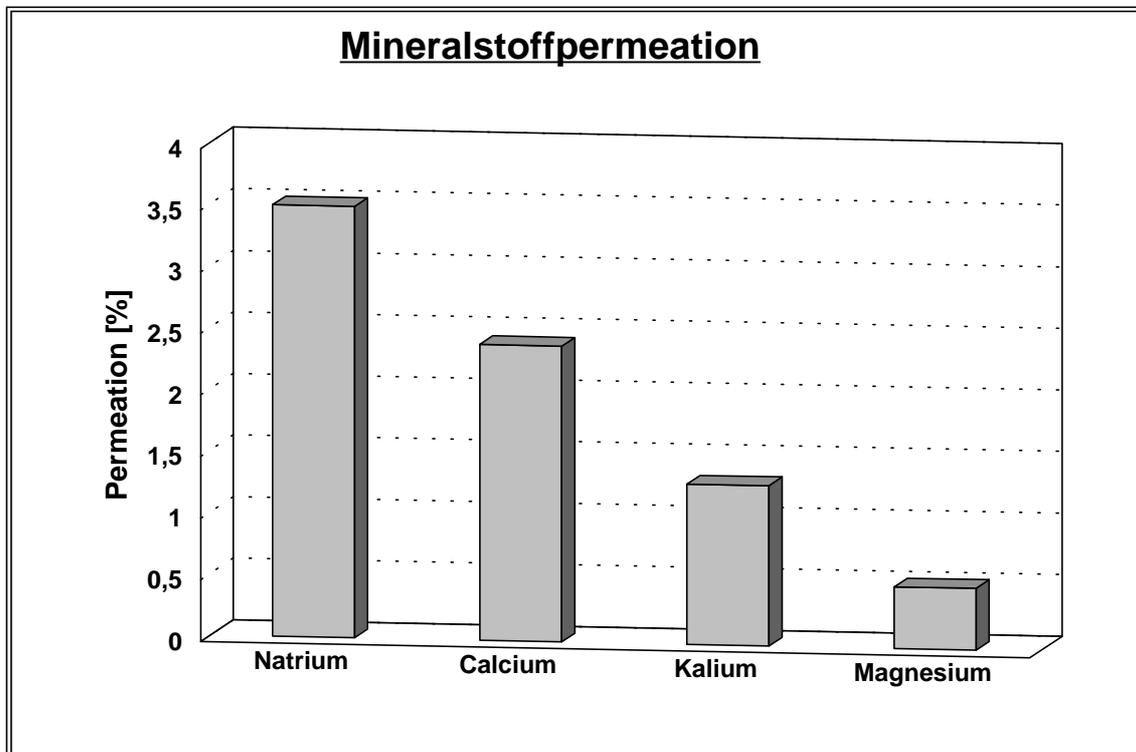
Zitronensäure konnte in den Permeaten nicht nachgewiesen werden und wurde demnach vollständig zurückgehalten.

Freie und gesamte schweflige Säure lagen in den Permeaten mit durchschnittlich 2,5 mg/l und 3,5 mg/l nur in geringen Mengen vor.

Bedingt durch die unterschiedlich hohen Anreicherungsstufen erhöhten sich die Aschewerte in den UO-Mosten zwischen 0,45 g/l (Vergleich Nr. 4, Umsetzung = 15,5 %) und 1,68 g/l (Vergleich Nr. 5, Umsetzung = 27,8 %).

Ebenso wie im Vorjahr waren die Verluste an Mineralstoffen nur gering. Natrium permeierte, trotz der geringen Konzentration in den Ausgangsmosten, mit durchschnittlich 3,5 % am stärksten, gefolgt von Calcium und Kalium, die im Mittel zu 2,4 % und 1,3 % verloren gingen. Der Magnesiumverlust war wie im Vorjahr mit 0,5 % am geringsten (siehe Abb. 11).

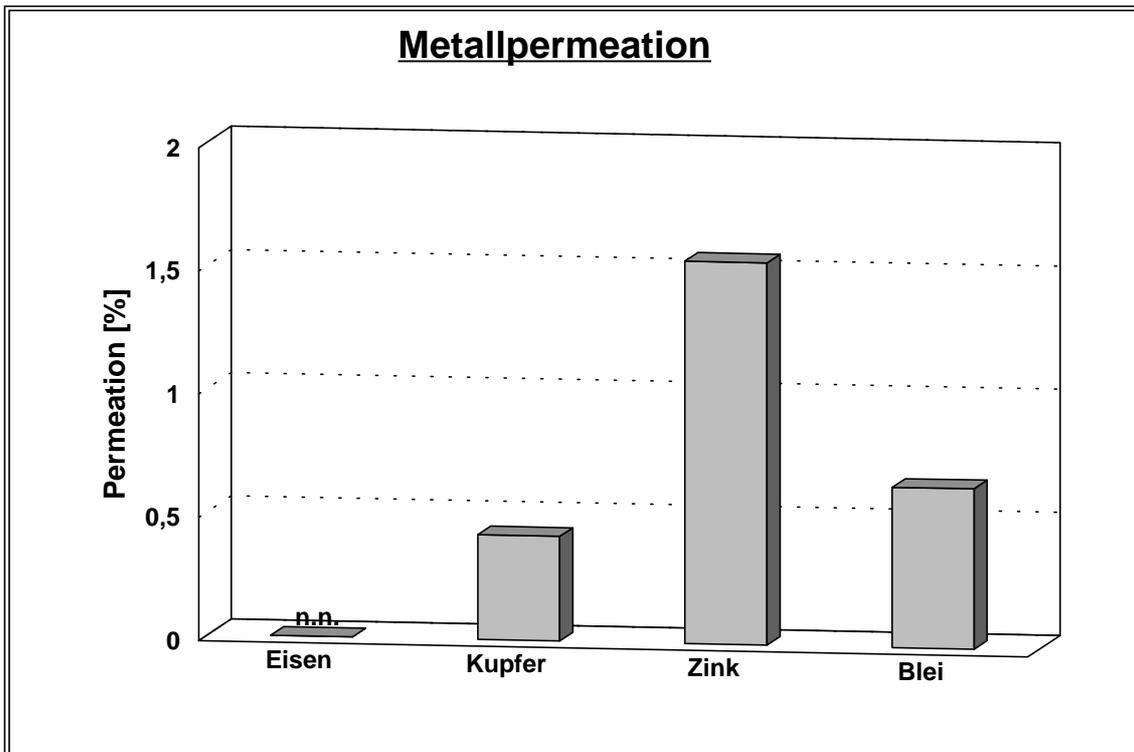
Abb. 11: Die mittleren Verluste von Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium bei der Mostanreicherung mittels Umkehrosmose unter Anwendung einer Polyamidmembran (n=4).



Da mit der hier verwendeten Pilotanlage der Firma Millipore ein Metalleintrag durch die UO-Behandlung mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte, war eine genauere Bilanzierung der Metalle als im Vorjahr möglich.

Um eine Metallkontamination bis zum Zeitpunkt der Probenahme auszuschließen, wurde zudem jeglicher Kontakt der Moste mit metallischen Werkstoffen vermieden. Die aus der Summe von Retention und Permeation errechenbaren Wiederfindungsraten der Metalle Eisen, Kupfer, Zink und Blei lagen immer sehr nahe bei 100 %. Daraus zeigt sich, daß kaum Kontaminationen stattgefunden hatten und daß die Analytik ausreichend genau war, um eine Verlustbilanzierung dieser Metalle durchzuführen.

Abb. 12: Die mittleren Verluste von Eisen, Kupfer, Zink und Blei bei der Mostanreicherung mittels Umkehrosmose unter Anwendung einer Polyamidmembran (n=4).



Während Eisen in den Permeaten praktisch nicht nachweisbar war, konnte bei Kupfer und Blei etwa 0,5 % der Gesamtmenge in den Permeaten gefunden werden. Am stärksten durchdrang Zink mit 1,5 % die Membran (siehe Abb. 12). Alle analysierten Metalle wurden somit fast vollständig zurückgehalten. Sie reichern sich in den Mosten entsprechend dem aus der Anreicherungsspanne resultierenden Konzentrierungsfaktor an. Durch diese Anreicherung erhöhten sich die Werte von Kupfer, Zink und Blei zum Teil erheblich. Die gesetzlich festgelegten Höchstgrenzen für Wein und Traubensaft liegen zur Zeit für Kupfer bei max. 2 mg/l, für Zink bei max. 5 mg/l und Blei bei max. 250 µg/l (§ 13 Abs. 2 WeinVO vom 17.05.1995).

Die Bleiwerte der konzentrierten Moste lagen zwischen 11,3 und 44 µg/l und damit deutlich unter der gesetzlichen Höchstgrenze von 250 µg/l. Im Vergleich Nr. 5 erhöhte sich der Zinkgehalt von ursprünglich 3,75 mg/l auf 4,89 mg/l und erreichte fast den gesetzlichen Maximalwert von 5 mg/l.

Kritisch ist jedoch vor allem die Erhöhung der Kupferwerte, die in allen vier Vergleichen zur Überschreitung der Höchstgrenze von 2 mg/l führte. Die Verwendung der Konzentratmoste als Traubensaft der zum Ausschank bestimmt ist, wäre aufgrund der erhöhten Kupfergehalte demnach rechtlich nicht möglich.

Inwieweit diese Metallanreicherungen in den Mosten auch nach der Gärung erhöhte Metallgehalte in den daraus hergestellten Weinen bewirken, soll bei der Betrachtung der Weinanalysen (Kap. 5.3.3) erläutert werden.

Bezüglich der Farbstoffveränderung wurden beim Spätburgunder Weißherbst (Vergleich Nr. 2) und bei dem Portugieser Rotwein (Vergleich Nr. 4) Farbmessungen durchgeführt und die Farbintensität ermittelt. Sowohl die braunen als auch die roten Farbkomponenten erhöhten sich bei der Konzentrierung der Moste entsprechend der Umsetzung deutlich. Die Permeate waren auch bei dem Rotwein sowohl optisch als auch analytisch völlig farblos.

5.3.2 Gärverlauf der 94er Versuchsmoste

Nachdem im ersten Versuchsjahr erhebliche Probleme bei der Gärung aufgetreten waren, wurden die Moste im Versuchsjahr 1994 wie in Kapitel 4.2.4 beschrieben mit erhöhten Mengen Reinzuchthefer und zusätzlich mit Hefenährsalzen versetzt. Trotz dieser vorbeugenden Maßnahmen und einer erhöhten Umgebungstemperatur von 20° C verlief die Gärung zögernd. Wie im Vorjahr begann die Gärung zügig, um sich jedoch gegen Ende stark zu verlangsamen. Bei wiederholtem Aufrühren des Hefedepots zeigte sich wiederum eine extreme CO₂-Entbindung, was auf eine verringerte innere Oberfläche als Ursache für die Gärstockung hinwies. Unterschiede in der Gärintensität einzelner Anreicherungsvarianten konnten nicht festgestellt werden. Nach einer Gärdauer von 3 Wochen waren alle Versuchsmoste auf Restzuckergerhalte unter 4 g/l durchgegoren.

5.3.3 Analytische Untersuchungen der 94er Weine aus Anreicherungsversuchen

Ebenso wie bei den Mosten wurde die Betrachtung der analytischen Veränderungen auch bei den Weinen auf die Vergleiche 2, 4, 5 und 6 beschränkt (siehe Tab. A15 im Anhang).

Wie aus der Tabelle zu erkennen ist, liegen innerhalb der Vergleiche die Gesamtalkoholgehalte der UO-Weine immer etwas niedriger als die der Saccharosevarianten. Dieser Fehler ist auf die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Problematik des geringeren Zuckergehaltes der UO-Moste bei gleichem Mostgewicht zurückzuführen.

Der zuckerfreie Extrakt war in den UO-Weinen immer erhöht, wobei die Erhöhung in Abhängigkeit von der Menge des abgetrennten Permeatwassers (Umsetzung) zwischen 1,2 und 6,7 g/l schwankte. Ebenso erhöhten sich auch die Restextraktwerte in den Konzentratweinen je nach Umsetzung zwischen 1,4 und 5,8 g/l deutlich.

An den pH-Werten konnte, ebenso wie in den Mosten, kein wesentlicher Unterschied zwischen Saccharose- und Umkehrosrosevarianten festgestellt werden.

Die Gesamtsäure war auch bei den Saccharosevarianten nach der Gärung noch zu hoch, so daß zur geschmacklichen Harmonisierung bei allen Jungweinen eine Doppelsalzentsäuerung vorgenommen werden mußte. Diese Maßnahme verringerte die Weinsäurewerte stärker als die Äpfelsäurewerte und führte damit zu einer Verschlechterung der Weinsäure/Äpfelsäureverhältnisse. Aufgrund der größeren Bereitschaft zur Weinsteinausfällung und der größeren Entsäuerungsspanne lagen die Weinsäure/Äpfelsäure-Verhältnisse in den UO-Weinen etwa 50 % niedriger als in den mit Saccharose angereicherten Weinen. Eine Ausnahme stellte der mit Umkehrosrose angereicherte Portugieser (Vergleich Nr. 5) dar. Hier verbesserte sich das Verhältnis zwischen Wein- und Äpfelsäure zugunsten der Weinsäure, da ein biologischer Säureabbau stattgefunden hatte (Tab. A15, Anhang).

Da die Entsäuerung und der Weinsteinausfall zum Teil gravierende Veränderungen der Wein- und Äpfelsäure, sowie der Kalium- und Calciumgehalte verursachte, wurde von einer Bilanzierung dieser Inhaltsstoffe abgesehen.

Magnesium und Natrium waren auch nach der Gärung nur geringfügig verändert. Die teilweise Erhöhung in den Weinen ist vermutlich auf Störfaktoren bei der Messung zurückzuführen.

Die Asche wurde durch die Konzentrierung mit steigender Umsetzung zunehmend erhöht. Die Werte lagen in den UO-Weinen von 0,08 bis 1,17 g/l über denen der entsprechenden Saccharosevarianten.

Bei der Betrachtung der Metallwerte zeigte sich, daß Eisen in den Weinen der Vergleiche Nr. 2 und Nr. 4 gegenüber den Mostgehalten geringfügig erhöht war. In den Weinen der Vergleichen Nr. 5 und Nr. 6 zeigte sich ein umgekehrtes Bild. Die relativ hohen Eisengehalte der Moste von 5,5 g/l bzw. 8,5 g/l (Vergleich Nr. 5) und 8 g/l bzw. 10,5 g/l (Vergleich Nr. 6) wurden durch die Gärung zwischen 0,8 und 2,5 g/l abgereichert.

Die Kupfergehalte, die in allen Mosten über der zulässigen Höchstgrenze lagen, erfuhren durch die Gärung eine sehr starke Abreicherung. In den Weinen wurden Kupfergehalte zwischen 0,03 und 0,08 g/l gefunden.

Die Zinkgehalte erfuhren durch die Gärung praktisch keine Veränderung. Die geringfügigen Abweichungen zwischen den Most- und Weingehalten sind vermutlich auf analytische Unregelmäßigkeiten zurückzuführen. Der im UO-Most gefundene Zinkgehalt in Vergleich Nr.

5, der mit 4,89 g/l die gesetzliche Höchstgrenze fast erreichte, lag auch im Wein mit 4,63 g/l noch nahe an dieser Grenze.

Bei erhöhten Zinkgehalten der Ausgangsprodukte könnte demnach die Umkehrosmoseanreicherung durch die Konzentrierung des Zink in Einzelfällen eine Überschreitung der Höchstgrenze bewirken, wodurch ein Inverkehrbringen nicht mehr zulässig wäre. Die Kupfergehalte wurden durch die UO zwar ebenfalls über die zulässige Höchstgrenze hinaus angereichert, was jedoch nur bei der Verwendung der Mostes als Traubensaft ein Bedeutung hätte, da die Gärung eine sehr starke Kupferanreicherung bewirkte.

5.3.4 Sensorische Beurteilung der 94er Weine aus Anreicherungsversuchen

Drei Monate nach der Abfüllung wurden zunächst alle Versuchsweine innerhalb der einzelnen Vergleiche in einer Rangordnungsprüfung gegenübergestellt. In den Vergleichen Nr. 1 bis 3 und Nr. 5 bis 7 waren dies je drei Weine (die nicht angereicherte Kontrolle, Saccharosevariante, und UO-Variante). Im Vergleich Nr. 4 wurde eine zusätzliche Variante in die Prüfung einbezogen, bei der das Mostgewicht von 91 ° Oe nicht durch Anreicherung, sondern durch natürliche Reife d.h. spätere Lese, erreicht wurde. Die Ergebnisse dieser Rangordnungsprüfungen sind in den Tabellen 21 bis 23 festgehalten.

Tab. 21: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 94er Weinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 1 bis 3**

Vergleich Nr. 1 / 94er Müller-Thurgau QbA / Rheinhessen / n = 20 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosmose	Anreicherungsart Saccharose	keine
1	4	15	1
2	18	8	14
3	21	3	36
Rangsumme	43	26	51
Kritische Rangsumme bei 20 Prüfern / 3 Proben = 32 - 48			
Rangplatz	2	1	3

Vergleich Nr. 2 / 94er Spätburgunder WH QbA / Rheinhessen / n = 20 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosmose	Anreicherungsart Saccharose	keine
1	9	7	4
2	12	20	8
3	15	9	36
Rangsumme	36	36	48
Kritische Rangsumme bei 20 Prüfern / 3 Proben = 32 - 48			
Rangplatz	--	--	3
Rangsumme "rerange"	29	31	--
Kritische Rangsumme bei 20 Prüfern / 2 Proben = 26 - 34			
Rangplatz	1	1	3

Vergleich Nr. 3 / 94er E x E Sortenverschnitt QbA / Rheingau / n = 15 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosmose	Anreicherungsart Saccharose	keine
1	3	10	2
2	8	10	12
3	24	0	21
Rangsumme	35	20	35
Kritische Rangsumme bei 15 Prüfern / 3 Proben = 23 - 37			
Rangplatz	--	1	--
Rangsumme "rerange"	33	--	32
Kritische Rangsumme bei 15 Prüfern / 2 Proben = 19 - 26			
Rangplatz	2	1	2

Tab. 22: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 94er Weinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleich Nr. 4**

Vergleich Nr. 4 / 94er Riesling QbA / Rheingau / n = 15 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Umkehrosmose	Anreicherungsart		späte Lese
		Saccharose	keine	
1	2	4	2	7
2	12	10	4	4
3	9	9	21	6
4	16	12	16	16
Rangsumme	39	35	43	33
Kritische Rangsumme bei 15 Prüfern / 4 Proben = 28 - 47				
Rangplatz	1	1	1	1

Bei vier Vergleichen (Nr. 2, 4, 5 und 6) konnten die Prüfer zwischen UO- und Saccharosevariante keine Rangordnung festlegen. Überraschend wurde in nur drei Vergleichen (Nr. 1, 3 und 5) die nicht angereicherte Kontrollvariante auf den letzten Rang gesetzt.

In drei der sieben Vergleiche (Nr. 1, 3 und 7) erfolgte eine bessere Bewertung der Saccharose gegenüber der Umkehrosmosevarianten. Die Rangsummen aller Vergleiche schwankten jedoch nicht sehr weit um die jeweiligen kritischen Rangsummen. Diese Tatsache signalisiert bereits, daß der Unterschied zwischen den Varianten nur gering war. Von den Prüfern wurde dies bestätigt. Bei geringen Unterschieden zwischen den dargereichten Proben sind die Ergebnisse der Rangordnungsprüfung jedoch ungenau, da die Prüfer, auch wenn sie den Unterschied nur vermuten, jeder Probe einen Rang zuordnen müssen. In derartigen Fällen ist zur Herbeiführung einer Entscheidung ergänzend die Dreiecksprüfung heranzuziehen.

Die Rangordnungsprüfung des Vergleiches Nr. 4 (Riesling) zeigte, daß die Prüfer nicht in der Lage waren, einen Rang innerhalb der Varianten UO-Anreicherung, Saccharoseanreicherung und "späte Lese" zu erstellen. Der natürlich gereifte Wein, der mit einer Spätlese gleichzusetzen ist, hatte zwar die geringste Rangsumme, konnte aber ebenfalls von den Prüfern nicht signifikant herausgestellt werden.

Tab. 23: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 94er Weinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 5 bis 7**

Vergleich Nr. 5 / 94er Portugieser RW QbA / Rheinhessen / n = 20 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosrose	Anreicherungsart Saccharose	keine
1	10	9	1
2	14	18	8
3	9	6	45
Rangsumme	33	33	54
Kritische Rangsumme bei 20 Prüfern / 3 Proben = 32 - 48			
Rangplatz	--	--	3
Rangsumme "rerange"	30	30	--
Kritische Rangsumme bei 20 Prüfern / 2 Proben = 26 - 34			
Rangplatz	1	1	3

Vergleich Nr. 6 / 94er Bacchus QbA / Rheinhessen / n = 15 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosrose	Anreicherungsart Saccharose	keine
1	7	4	4
2	12	6	12
3	6	24	15
Rangsumme	25	34	31
Kritische Rangsumme bei 15 Prüfern / 3 Proben = 23 - 37			
Rangplatz	1	1	1

Vergleich Nr. 7 / 94er Müller-Thugau QbA / Rheinhessen / n = 15 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosrose	Anreicherungsart Saccharose	keine
1	4	10	1
2	4	10	16
3	27	0	18
Rangsumme	35	20	35
Kritische Rangsumme bei 15 Prüfern / 3 Proben = 23 - 37			
Rangplatz	--	1	--
Rangsumme "rerange"	34	--	31
Kritische Rangsumme bei 15 Prüfern / 2 Proben = 19 - 26			
Rangplatz	2	1	2

Die mit Umkehrosmose und Saccharose angereicherten Weine aller Vergleiche wurden deshalb wiederholt in einer erweiterten Dreiecksprüfung gegenübergestellt. Hierbei sollte zunächst festgestellt werden, ob zwischen den beiden Anreicherungsverfahren tatsächlich ein signifikanter Unterschied erkannt wird (objektive Fragestellung). Weiterhin sollten die Prüfer eine Aussage über die Bevorzugung einer der Proben (Einzel- oder Doppelprobe) treffen. Um die Konstanz der Ergebnisse zu überprüfen, wurde diese erweiterte Dreiecksprüfung innerhalb von 1,5 Jahren nach dem Abfüllungstermin insgesamt viermal wiederholt.

<u>Dreiecksprüfung</u>	<u>Zeitpunkt nach der Abfüllung</u>
Nr. 1	3 Monate
Nr. 2	6 Monate
Nr. 3	12 Monate
Nr. 4	18 Monate

Die Ergebnisse dieser sensorischen Prüfungen sind in den Tabellen 24 bis 27 festgehalten.

Tab. 24: Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 1 bis 7** / Prüferzahl: n = 15

Vgl. Nr.	Bezeichnung Sorte Herkunft	Anreicherung			abweichende Probe "richtig erkannt"			Bevorzugung			
		a	b	c	Anz.	%	Sign.	Einzel- probe		Doppel- probe	
								Anz.	Sign.	Anz.	Sign.
1	MT/94/..../1 Müller-Thurgau Rheinhessen	S	S	UO	14	93	***	5	--	9	--
2	SB/94/..../2 Spätburgunder WH Rheingau	S	UO	UO	7	47	--	4	--	3	--
3	EE/94/..../3 E x E Verschnitt Rheingau	S	UO	S	10	67	**	5	--	5	--
4	R/94/..../4 Riesling Rheingau	UO	S	S	11	73	**	9	--	2	--
5	PO/94/..../5 Portugieser RW Rheinhessen	UO	UO	S	15	100	***	9	--	6	--
6	B/94/..../6 Bacchus Rheinhessen	UO	S	UO	7	47	--	4	--	3	--
7	MT/94/..../7 Müller-Thurgau Rheinhessen	S	UO	UO	12	80	***	9	--	3	--

* = signifikant (p=5%), ** = hoch signifikant (p=1%), *** = sehr hoch signifikant (p=0,1%)

S = Saccharose, UO = Umkehrosiose

Wie in Tabelle 24 zu erkennen ist, wurde bei den Vergleichen Nr. 1, Nr. 5 und Nr. 7 mit sehr hoher Signifikanz und bei den Vergleichen Nr. 3 und Nr. 4 mit hoher Signifikanz ein Unterschied zwischen beiden Anreicherungsverfahren festgestellt. Lediglich bei dem Spätburgunder (Vergleich Nr. 2) und dem Bacchus (Vergleich Nr. 6) konnten die Prüfer nicht zwischen UO- und Saccharoseanreicherung unterscheiden.

Bei der Betrachtung der Bevorzugung stellte sich jedoch heraus, daß innerhalb der Prüfergruppe, die die abweichende Probe erkannt hatte, Uneinigkeit darüber bestand, welche Variante besser zu beurteilen war. Eine signifikante Bevorzugung eines der beiden Anreicherungsverfahren wurde somit in keinem der 7 Vergleiche gefunden.

Nach weiteren 3 Monaten Lagerung der Weine (6 Monate nach Abfüllung) wurde der Dreieckstest in gleicher Weise wiederholt (Tab. 25).

Hierbei zeigte sich, daß die Prüfer größere Schwierigkeiten hatten einen Unterschied zwischen den Anreicherungsverfahren zu erkennen. In nur drei der sieben Vergleiche wurde die abweichende Probe erkannt. Allerdings konnte auch hier keinerlei Aussage über die Bevorzugung einer der beiden Varianten getroffen werden.

Tab. 25: Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen **6 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 1 bis 7** / Prüferzahl: n = 15

Vgl. Nr.	Bezeichnung Sorte Herkunft	Anreicherung			abweichende Probe "richtig erkannt"			Bevorzugung			
		a	b	c	Anz.	%	Sign.	Einzelprobe		Doppelprobe	
								Anz.	Sign.	Anz.	Sign.
1	MT/94/..../1 Müller-Thurgau Rheinhessen	S	S	UO	10	67	**	4	--	6	--
2	SB/94/..../2 Spätburgunder WH Rheingau	S	S	UO	7	47	--	5	--	2	--
3	EE/94/..../3 E x E Verschnitt Rheingau	S	UO	S	8	53	--	3	--	5	--
4	R/94/..../4 Riesling Rheingau	UO	S	UO	7	47	--	2	--	5	--
5	PO/94/..../5 Portugieser RW Rheinhessen	UO	UO	S	12	80	***	7	--	5	--
6	B/94/..../6 Bacchus Rheinhessen	UO	S	UO	9	60	*	5	--	4	--
7	MT/94/..../7 Müller-Thurgau Rheinhessen	S	UO	UO	8	53	--	5	--	3	--

* = signifikant (p=5%), ** = hoch signifikant (p=1%), *** = sehr hoch signifikant (p=0,1%)

S = Saccharose, UO = Umkehrosiose

Bei dem dritten Dreieckstest, der ein Jahr nach der Abfüllung erfolgte, konnten die Prüfer nur noch in 2 der 7 Vergleiche einen signifikanten Unterschied (Vergleich Nr. 1 und Nr. 5) feststellen (siehe Tab. 26). Auch hier konnte von den Prüfern, die die abweichende Probe erkannten, keine gesicherte Aussage über die Bevorzugung eines der beiden Anreicherungsverfahren gemacht werden.

Tab. 26: Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen **12 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 1 bis 7** / Prüferzahl: n = 14

Vgl. Nr.	Bezeichnung Sorte Herkunft	Anreicherung			abweichende Probe "richtig erkannt"			Bevorzugung			
		a	b	c	Anz.	%	Sign.	Einzel- probe		Doppel- probe	
								Anz.	Sign.	Anz.	Sign.
1	MT/94/..../1 Müller-Thurgau Rheinhessen	S	UO	UO	10	71	**	5	--	5	--
2	SB/94/..../2 Spätburgunder WH Rheingau	S	S	UO	7	50	--	4	--	3	--
3	EE/94/..../3 E x E Verschnitt Rheingau	UO	S	UO	6	43	--	4	--	2	--
4	R/94/..../4 Riesling Rheingau	S	UO	UO	6	43	--	3	--	3	--
5	PO/94/..../5 Portugieser RW Rheinhessen	S	S	UO	13	93	***	4	--	9	--
6	B/94/..../6 Bacchus Rheinhessen	S	UO	S	5	36	--	4	--	1	--
7	MT/94/..../7 Müller-Thurgau Rheinhessen	UO	S	S	4	29	--	3	--	1	--

* = signifikant (p=5%), ** = hoch signifikant (p=1%), *** = sehr hoch signifikant (p=0,1%)

S = Saccharose, UO = Umkehrosiose

Tab. 27: Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 94er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen **18 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleiche Nr. 1 bis 7** / Prüferzahl: n = 14

Vgl. Nr.	Bezeichnung Sorte Herkunft	Anreicherung			abweichende Probe "richtig erkannt"			Bevorzugung			
		a	b	c	Anz.	%	Sign.	Einzelprobe		Doppelprobe	
								Anz.	Sign.	Anz.	Sign.
1	MT/94/..../1 Müller-Thurgau Rheinhessen	UO	UO	S	7	50	--	3	--	4	--
2	SB/94/..../2 Spätburgunder WH Rheingau	S	UO	S	1	7	--	1	--		--
3	EE/94/..../3 E x E Verschnitt Rheingau	S	UO	UO	11	79	***	8	--	3	--
4	R/94/..../4 Riesling Rheingau	UO	UO	S	7	50	--	4	--	3	--
5	PO/94/..../5 Portugieser RW Rheinhessen	S	UO	S	7	50	--	2	--	5	--
6	B/94/..../6 Bacchus Rheinhessen	S	S	UO	7	50	--	4	--	3	--
7	MT/94/..../7 Müller-Thurgau Rheinhessen	UO	S	S	6	43	--	3	--	3	--

* = signifikant (p=5%), ** = hoch signifikant (p=1%), *** = sehr hoch signifikant (p=0,1%)

S = Saccharose, UO = Umkehrosnose

Im letzten Dreieckstest, der 18 Monate nach der Abfüllung durchgeführt wurde, konnten die Prüfer lediglich in einem Vergleich (Nr. 3) zwischen UO- und Saccharoseanreicherung unterscheiden. Ein signifikantes Ergebnis bezüglich der Bevorzugung, konnte auch hier nicht gefunden werden (siehe Tab. 27).

Bei der Betrachtung aller Dreiecksprüfungen zeigt sich, daß die Prüfer mit zunehmender Alterung der Versuchsweine immer weniger in der Lage waren, Abweichungen zwischen den beiden Anreicherungsverfahren zu erkennen.

Bei der Befragung der Prüfer, die die abweichende Probe richtig erkannt hatten, stellte sich heraus, daß die UO-Varianten meist etwas kräftiger bzw. breiter und körperreicher im Geschmack empfunden wurden, wobei diese geschmacklichen Veränderungen teilweise positiv und teilweise negativ empfunden wurden.

Unterschiede in der geruchlichen Ausprägung wurden auch bei der Bukettsorte Bacchus nicht festgestellt.

Mit den Versuchsweinen des Jahrgangs 1994 wurden insgesamt, unabhängig der zeitlichen Abstände zwischen Abfüllung und Verkostung, pro Vergleich 4, also insgesamt 28 Dreieckstests durchgeführt. Bei diesen 28 Tests konnten die Prüfer in nur 11 Fällen einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Anreicherungsverfahren feststellen.

Hieraus läßt sich bereits erkennen, daß der Einfluß der UO-Anreicherung auf den Geschmack der Weine nur sehr gering war. Ein durch Umkehrosmose angereicherter Wein würde demnach, von dem Weinkonsument der nicht die entsprechende konventionell angereicherte Variante zum Vergleich vorliegen hat, wohl kaum als solcher erkannt werden.

Eine Bevorzugung eines der beiden Anreicherungsverfahren konnte von den Prüfern in keinem der 28 durchgeführten Tests nachgewiesen werden. Das heißt, daß auch wenn ein Unterschied zwischen UO- und Saccharoseanreicherung aufgetreten ist, dieser sich innerhalb der durchgeführten Vergleichsversuche weder positiv noch negativ auf die Qualitätsbeurteilung der Weine ausgewirkt hat.

Erwartungsgemäß hat sich somit das Ergebnis der Rangordnungsprüfung, bei dem die Saccharose- in drei Vergleichen besser als die UO-Variante beurteilt wurde, nicht bestätigt.

5.4 Anreicherungsversuche zur Weinherstellung in der Herbstkampagne 1995/96

Aus den vorangegangenen Versuchen zeichnete sich bereits das Problem Abschätzung der tatsächlichen Trenneigenschaften von Membranen ab. Während zu feinporeige Membranen neben dem Zucker auch alle Extraktstoffe, vor allem aber die Säuren fast vollständig zurückhalten, ist bei der Verwendung offenerer Membranen (z.B. 250 Dalton) die Säureerhöhung geringer, jedoch mußte hier auch ein nicht tolerierbarer Zuckerverlust beobachtet werden.

In der Herbstkampagne 1995 stand neben einer UO-Membran (ca. 100 Dalton) eine weitere Membran zur Verfügung (DK4040F, Fa. Desal), die laut Herstellerangabe eine ausreichende Zuckerrückhaltung bei gleichzeitig hohem Säureschlupf ermöglichen sollte. Die Trenngrenze dieser Membran lag im Grenzbereich zwischen Umkehrosmose und Nanofiltration (ca. 150 bis 200 Dalton) und wurde zur besseren Unterscheidung im weiteren Verlauf als Nanofiltrationsmembran (NF) bezeichnet.

Es wurden insgesamt 11 Vergleichsversuche mit 8 Rebsorten aus den Anbaugebieten Rheingau, Rheinpfalz und Mosel-Saar-Ruwer durchgeführt (siehe Kap. 4.2.6), wobei nur die Weine der ersten drei Vergleiche Ehrenfelser, Osteiner und Riesling im Fachgebiet Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim ausgebaut wurden.

Die angereicherten Weißweine aller Vergleiche wurden, zur besseren sensorischen Vergleichbarkeit, durch Entsäuerung auf ein einheitliches Säureniveau eingestellt. Bei den Rotweine, die in der SLVA Neustadt ausgebaut wurden, erfolgte die Säurekorrektur durch einen biologischen Säureabbau.

Die Varianten "späte Lese" der Vergleiche Nr. 1 bis 3 wurden vor der Gärung ebenfalls durch Cross-Flow-Filtration vorgeklärt und nach der Gärung entsäuert.

5.4.1 Analytische Untersuchungen von 95er Mosten und Permeaten aus Anreicherungsversuchen

Die Betrachtung der analytischen Ergebnisse der Versuchsmoste wurde auf die Vergleiche Nr. 1 und Nr. 3 (Ehrenfelser und Riesling) beschränkt, die im Fachgebiet Kellerwirtschaft in Geisenheim ausgebaut wurden. Da bei diesen Mosten Varianten aus UO- und NF-Anreicherung hergestellt wurden war ein direkter Vergleich der Analysenbilder bzw. der Rückhalteeigenschaften der Membranen möglich.

Die Analysendaten der Ausgangsmoste, sowie der NF-, und UO-Varianten sind in den Tabellen A16 und A17 zusammengefaßt.

Die UO-Membran zeigte, ähnlich wie in den vorangegangenen Jahren, eine sehr starke Rückhaltung gegenüber den meisten Inhaltsstoffen. Die Wein- und Äpfelsäuremengen in den Permeaten lagen zwischen 0,2 % und 0,3 % und auch die Gesamtsäureverluste von 0,4 % und 0,5 % zeigen eine starke Rückhaltung an.

Ein Unterschied der Retentionen zwischen Wein- und Äpfelsäure wie er in den bisherigen Versuchen festgestellt wurde konnte allerdings bei dieser Membran nicht nachgewiesen werden.

Zucker wurde in den Permeaten zwischen 0,2 % und 0,3 % gefunden und somit ebenfalls fast vollständig zurückgehalten.

Auch die Mineralstoffe Kalium, Calcium, Magnesium und Natrium permeierten die Membran nur in geringem Maße.

Aufgrund der Meßungenauigkeiten der Metalle, die auf die teilweise sehr niedrigen Gehalte in den Mosten und Permeaten zurückzuführen sind, wurde die Metallrückhaltung genauer untersucht. Hierzu wurde ein Rieslingmost einmal mit der UO- und einmal mit der NF-Membran angereichert. Um besser meßbare Ergebnisse zu erhalten wurde eine große Anreicherungsspanne (von 60 auf 100° Oe) gewählt. Diese Anreicherung entspricht einer Umsetzung von ca. 33 %. D.h., daß aus 100 Liter Grundmost 33 Liter Permeat abgetrennt wurden.

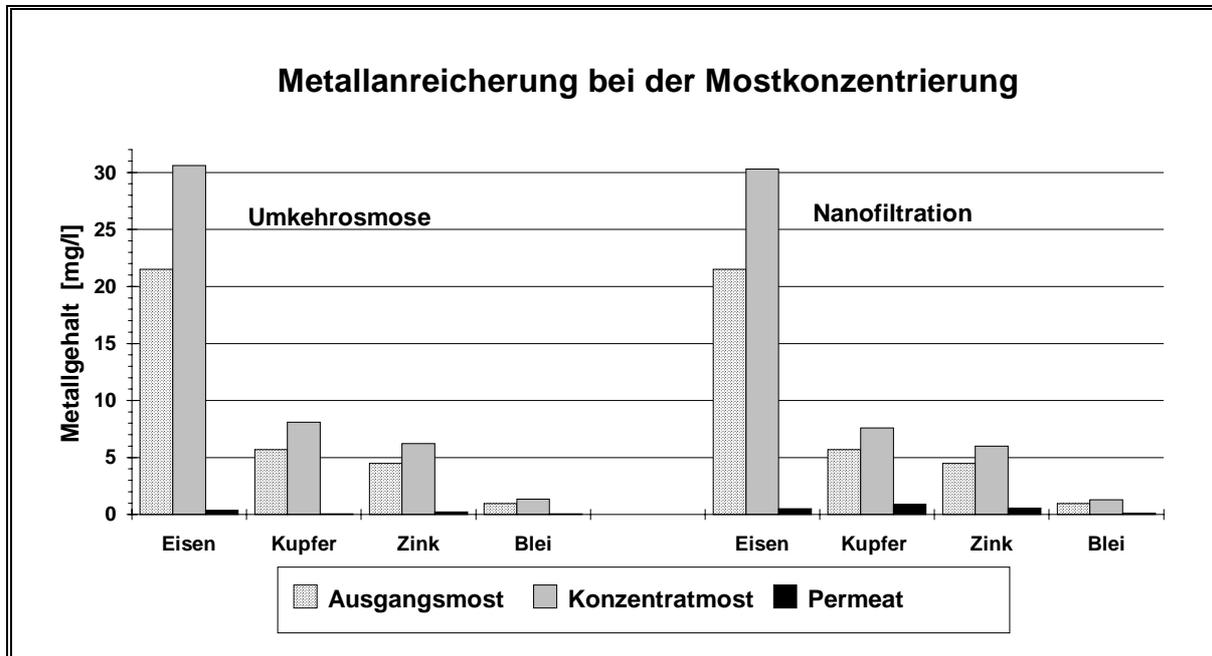
Außerdem wurde dem Most vor der Anreicherung Eisen, Kupfer, Zink und Blei zugesetzt, damit die Gehalte in den mittleren Meßbereichen für die analytische Bestimmung liegen.

Die Veränderungen der Metallgehalte sind in Tab. 28 bzw. Abb. 13 dargestellt

Tab. 28: Metallgehalte eines Rieslingmodellmostes vor und nach der Anreicherung mit Umkehrosmose und Nanofiltration

	Eisen [mg/l]	Kupfer [mg/l]	Zink [mg/l]	Blei [mg/l]
Ausgangsmost	21,5	5,70	4,50	0,95
Konzentrat-UO	30,60	8,10	6,21	1,34
Permeat-UO	0,37	0,06	0,22	0,06
Konzentrat-NF	30,30	7,60	6,00	1,31
Permeat-NF	0,50	0,91	0,57	0,11

Abb. 13: Veränderung von Eisen, Kupfer, Zink und Blei bei der Anreicherung eines Rieslingmodellmostes um 40 °Oe mit Umkehrosmose und Nanofiltration



Es zeigt sich, daß die beiden Membrantypen bezüglich der Metallanreicherung kaum Unterschiede aufweisen. Die Verluste sind zwar in der Regel bei der Nanofiltrationsmembran etwas höher, jedoch sind die Mengen, die in den Permeaten zu finden waren, allgemein so gering, daß sich alle Metalle in den Konzentratmosten praktisch gleichermaßen anreicherten. Es kann demnach davon ausgegangen werden, daß bei allen, derzeit für die Mostanreicherung in Frage kommenden Membranen, die untersuchten Metalle zu mehr als 95 % im Konzentrat zurückgehalten und somit angereichert werden.

Ein ganz anderes Bild zeigte sich bei der NF-Membran bezüglich der Rückhaltung von Zucker, Säuren und Extraktstoffen. Während beim Zucker ca. 1,5 % der Ausgangsmenge in das Permeat überging, zeigte sich bei den Säuren eine wesentlich stärkere Permeation. Die Verluste an Gesamtsäure lagen zwischen 14,1 % und 16,1 %.

Die Durchlässigkeit für Äpfelsäure (zwischen 16,3 % und 17,1 %) lag etwa doppelt so hoch wie die für Weinsäure (zwischen 8,7 % und 9,8 %).

Auch bei den Mineralstoffen sind deutlich höhere Durchgangsraten als bei der UO-Membran zu finden. Bei Kalium betragen diese 10,3 % bzw. 10,4 % und bei Natrium sogar 10,5 % bzw. 11,9 % (siehe Tab. 42 und 43).

Insgesamt hatte somit die Anreicherung mit der NF-Membran eine deutlich geringere Veränderung des gesamten Analysenbildes der Moste zur Folge.

Aufgrund der starken Säurepermeation erhöhten sich die Gesamtsäurewerte bei der NF-Anreicherung nur um 1,0 g/l bzw. 1,1 g/l gegenüber 2,9 g/l und 3,2 g/l bei der UO-Anreicherung. Durch die bessere Rückhaltung gegenüber der Weinsäure verbesserte sich zudem das Weinsäure-/Äpfelsäure-Verhältnis.

Damit kommt die NF-Membran den gewünschten Trenneigenschaften (Zuckerrückhaltung bei gleichzeitig hohem Säureschlupf) scheinbar deutlich näher als die UO-Membranen.

Fraglich ist allerdings inwieweit der Zuckerverlust von 1,4 % bzw. 1,5 % entsprechend 10,5 g/l und 12 g/l toleriert werden kann.

WUCHERPFENNIG (1977) beurteilte in Versuchen mit Celluloseacetatmembranen bereits einen Invertzuckerverlust von 1,8 % (entsprechend 6,6 g/l) als nicht mehr tolerierbar.

Auf der Grundlage des Vergleichsversuchs Nr. 3 (Riesling) soll eine Beispielrechnung die Unterschiede von Volumenveränderung, Säureerhöhung und Zuckerverluste bei der Anreicherung mit UO- und NF zeigen.

Beispiel 1: Anreicherung mit NF-Membran

Ausgangsmost:	1.000 l Riesling QbA	mit	Säure 15,0 g/l
Anreicherung:	von 77° Oe	auf	93° Oe
Volumenminderung:	C = 21,7 %	=	<u>217 l Permeat</u>
Konzentratmost:	783 l	mit	<u>Säure 16,1 g/l</u>
Zuckerverlust:	P = 1,5 % = 12 g/l	=	<u>2,6 kg Zucker</u>

Beispiel 2: Anreicherung mit UO-Membran

Ausgangsmost:	1.000 l Riesling QbA	mit	Säure 15,0 g/l
Anreicherung:	von 77° Oe	auf	93° Oe
Volumenminderung:	C = 19,1 %	=	<u>191 l Permeat</u>
Konzentratmost:	809 l	mit	<u>Säure 17,9 g/l</u>
Zuckerverlust:	P = 0,2 % = 1,6 g/l	=	<u>0,31 kg Zucker</u>

Die Anreicherung von 1000 l Most von 77 auf 93 °Oe hat demnach folgende Auswirkungen:

- Aufgrund der größeren Zuckerpermeation bei der NF-Membran ist es erforderlich 2,6 % mehr Permeat abzutrennen, wodurch sich die Menge des Konzentratmostes entsprechend von 809 l (UO) auf nur noch 783 l reduziert. Dies hat einen negativen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit, da die Volumenminderung bei der Kostenkalkulation eine entscheidende Rolle spielt.
- Das abgetrennte Permeat beinhaltet bei der NF-Anreicherung zudem mit 12 g/l wesentlich höhere Zuckermengen als das UO-Permeat (=1,6 g/l).
- Bei der Berechnung des absoluten Werte zeigt sich dadurch bei der NF-Anreicherung mit 2,6 kg ein um fast zehnmal höherer Zuckerverlust als bei der UO-Anreicherung mit 0,31 kg.
- Die Gesamtsäure erhöht sich bei der NF-Anreicherung nur um 1,1 g/l während die UO-Anreicherung eine Säureerhöhung von 2,9 g/l zur Folge hat. Der erforderliche Entsäuerungsumfang ist somit bei Mosten oder Weinen aus UO-Anreicherung deutlich höher.

Neben dem wirtschaftlichen Aspekt der Mengenverluste für Winzer oder Kellerei zeigen sich auch aus ökologischer Sicht deutliche Nachteile der NF-Anreicherung gegenüber der UO-Anreicherung sofern das Permeat ohne weitere Aufbereitung in die das Abwassersystem geleitet würde.

Die Rotmoste aus der Rheinpfalz wurden nur mit der Umkehrosomosemembran angereichert. Während die Permeate des Rotmostes im Vorjahr praktisch farblos waren, zeigten die Permeate nun eine leichte Rosafärbung. In Tabelle 29 wird jedoch deutlich, daß trotz des geringen Farbverlustes eine starke Farbvertiefung der Moste erfolgte. Am Beispiel der Vergleiche Nr. 4 (Portugieser) und Nr. 5 (Dornfelder) wird das Ausmaß der Farbvertiefung dargestellt (siehe Tab. 29).

Tab. 29: Farbintensität von 95er Rotmosten nach der Anreicherung mit Saccharose und Umkehrosomose

	Vergleich Nr. 4		Vergleich Nr. 5	
Versuch:	PG/95/S/4	PG/95/UO/4	DO/95/S/5	DO/95/UO/5
Anreicherung:	Saccharose	Umkehrosomose	Saccharose	Umkehrosomose
Farbe: E 420	0,952	1,582	1,790	4,261
E 520	1,712	1,966	3,012	7,955
Farbintensität	2,664	4,548	4,802	12,216

Eine Untersuchung der als glucosidisch gebunden vorliegenden, monomeren Anthocyanidine in den Mosten zeigte, daß diese alle in gleichem Maße angereichert wurden. Bei der HPLC-Messung wurden keine absoluten Mengen, sondern vielmehr die relativen Farbstoffkonzentrationen ermittelt. Hierfür wurden die Peakflächen der durch Saccharose angereicherten Varianten mit 1 angenommen und aus den Peakflächen der entsprechenden UO-Varianten der Konzentrierungsfaktor errechnet (siehe Abb. 14 und 15).

Abb. 14: Die relativen Veränderungen von monomeren Anthocyanidinen in einem 95er Portugieser Rotwein QbA

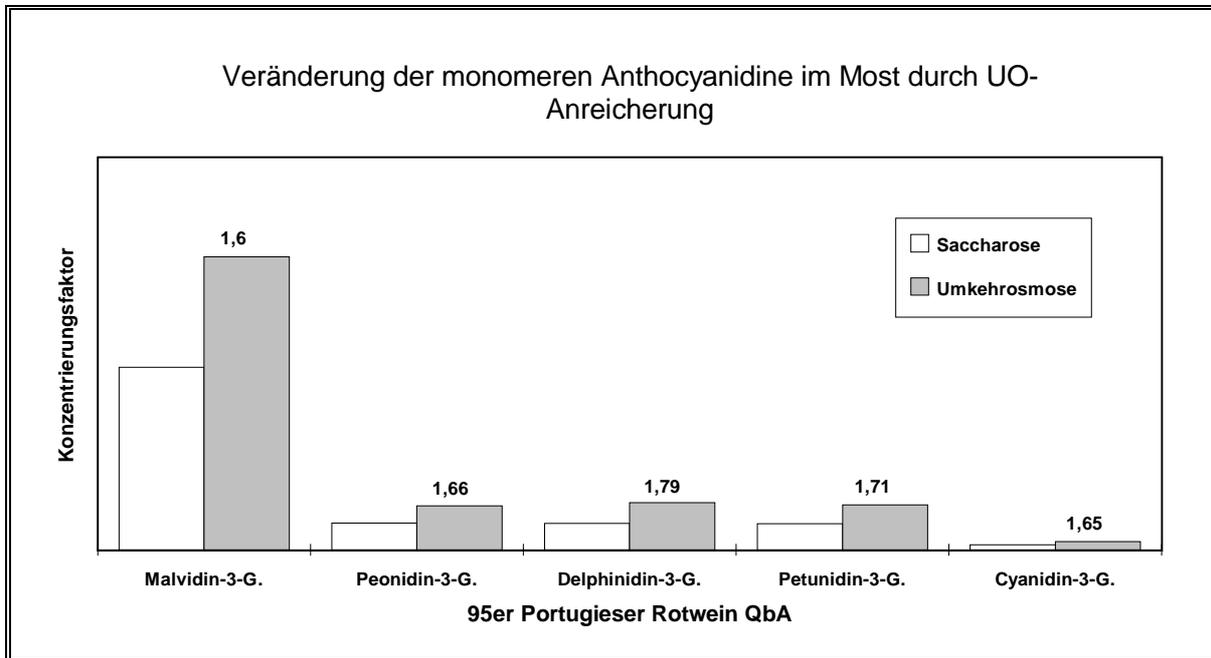
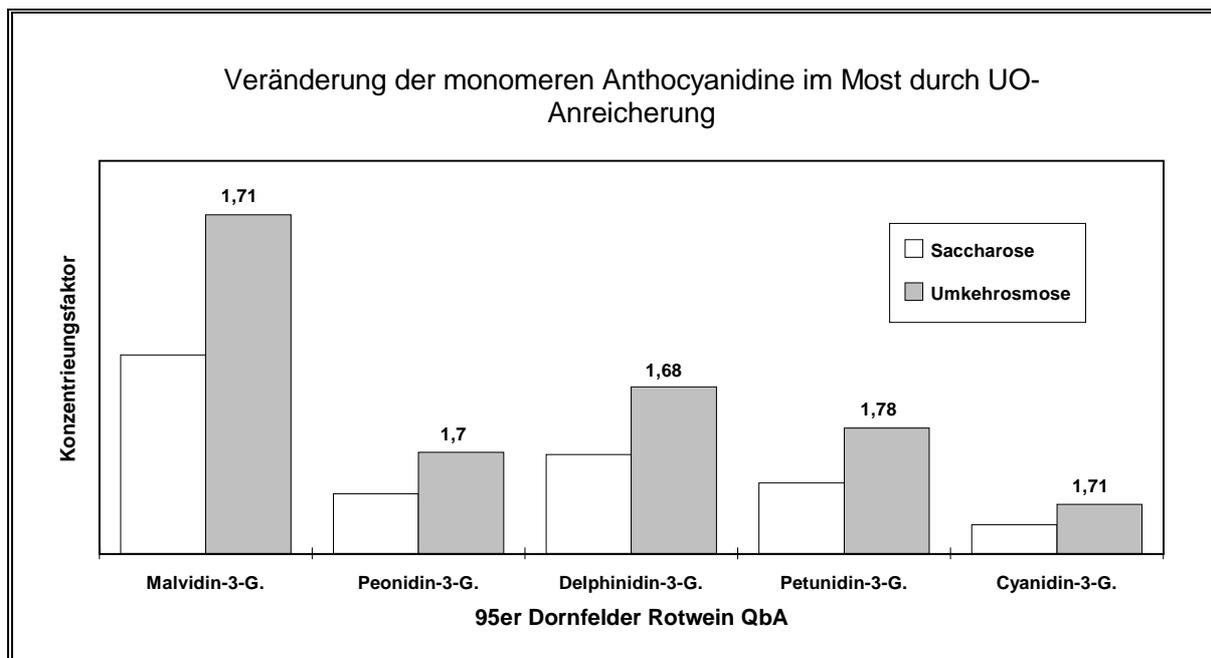


Abb. 15: Die relativen Veränderungen von monomeren Anthocyanidinen in einem 95er Dornfelder Rotwein QbA



Aus den Umsetzungen, die beim Portugieser 33,2 % und beim Dornfelder 37 % betragen, lassen sich die theoretischen Konzentrierungsfaktoren bei 100 %iger Rückhaltung der Farbstoffe ermitteln. Für den Protugieser wäre der zu erwartende Konzentrierungsfaktor 1,50 und beim Dornfelder 1,59 gewesen. In den Abbildungen ist zu erkennen, daß diese Konzentrierungsfaktoren bei allen Anthocyanidinen überschritten wurden. Da die Rückhalteraten nicht höher als 100 % liegen können, sind diese Abweichungen nach oben vermutlich auf Ungenauigkeiten der Bestimmungsmethode zurückzuführen. Generell zeigte sich jedoch, daß die Farbstoffe bei der UO-Anreicherung vollständig entsprechend der Umsetzung aufkonzentriert wurden.

5.4.2 Gärverlauf der 95er Versuchsmoste

Da in den ersten beiden Versuchsjahren die Gärung bei allen Varianten gleichermaßen zögernd verlaufen war, wurde den Mosten in der Herbstkampagne 1995, neben erhöhten Mengen Reinzuchthefer (25 g/hl) und Hefenähnsalzen (30 g/hl), nun zusätzlich Hefezellwandpräparat und Bentonitmengen von je 20 g/hl zugesetzt. Die Vergärung erfolgte wie in den Vorjahren in Glasballons bei einer Umgebungstemperatur von 19 bis 20° C. Der Gärverlauf aller Moste der Vergleichsversuche Nr. 1 bis Nr. 3 ist in den Abbildungen 16 bis 18 festgehalten.

Abb. 16: Gärverlauf von Versuchsmosten nach verschiedenen Anreicherungsverfahren
Vergleich Nr. 1 / 95er Ehrenfelser QbA / Rheingau

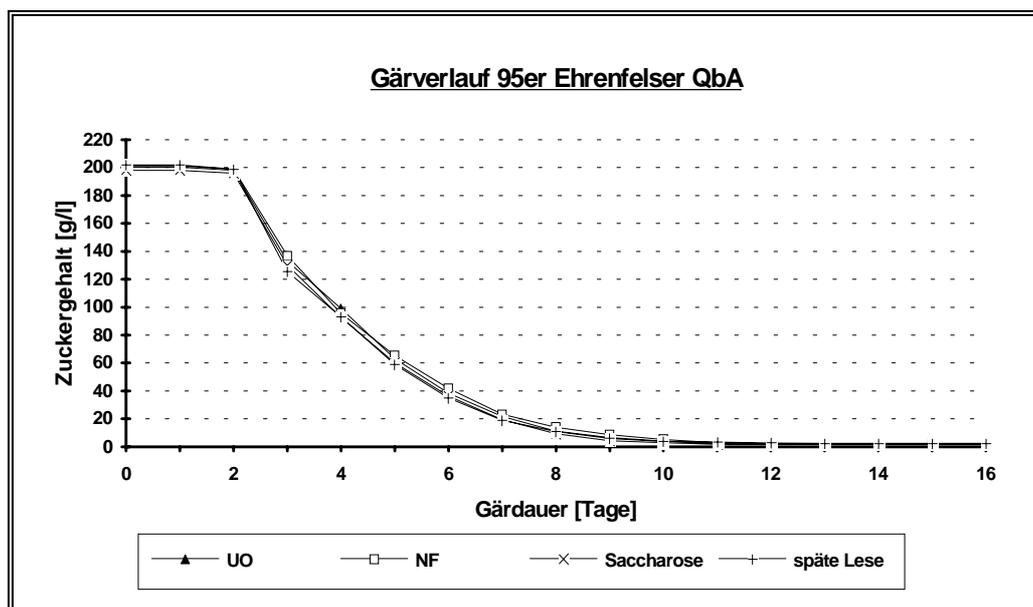
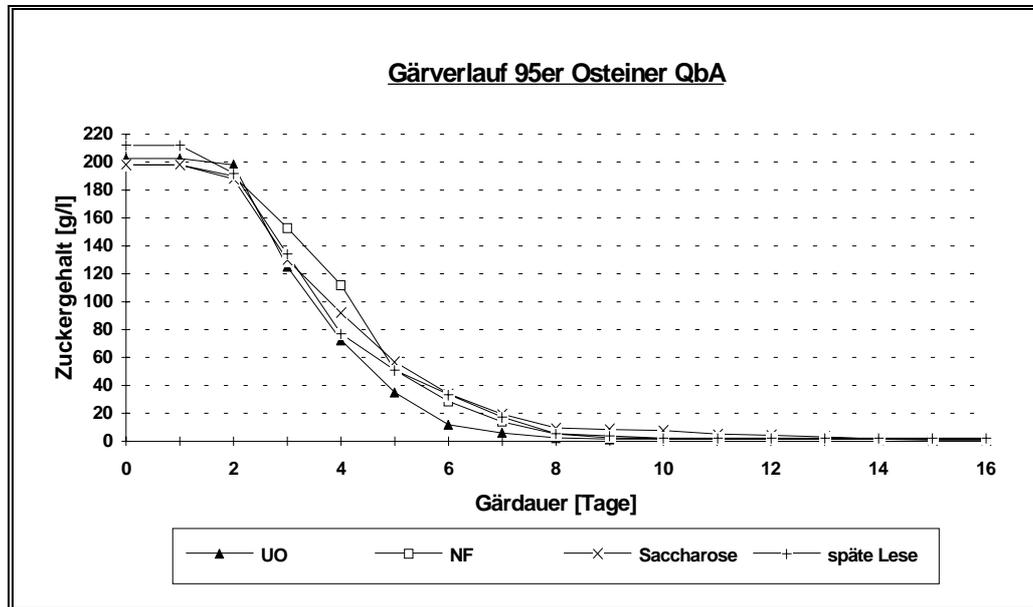


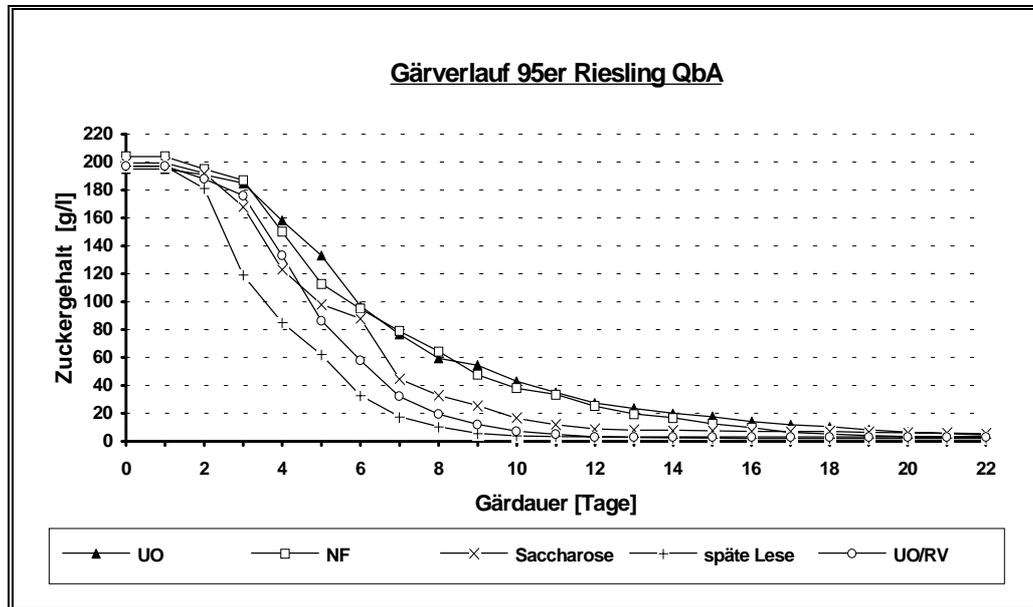
Abb. 17: Gärverlauf von Versuchsmosten nach verschiedenen Anreicherungsverfahren
Vergleich Nr. 2 / 95er Osteiner QbA / Rheingau



Die Gärverlaufskurven der Vergleiche Nr. 1 (Ehrenfelser) und Nr. 2 (Osteiner) zeigen, daß die Gärintensität der Einzelvarianten kaum unterschiedlich war. Beim Vergleich Nr. 1 Ehrenfelser war Gärdauer und Gärintensität aller Varianten fast identisch, so daß nach 10 Tagen alle Moste durchgegoren waren.

Beim Osteiner war die UO-Variante nach 8 Tagen am schnellsten vergoren, während die Vergärung der Saccharosevariante, im Vergleich zu den übrigen Varianten, etwas langsamer verlief. Die Varianten UO-, NF, und späte Lese waren ebenso wie beim Osteiner nach 10 Tagen durchgegoren. Bei der Saccharosevariante stockte die Gärung bei einem Zuckergehalt von 10 g/l und war erst nach 14 Tagen vollständig beendet.

Abb. 18: Gärverlauf von Versuchsmosten nach verschiedenen Anreicherungsverfahren
Vergleich Nr. 3 / 95er Riesling QbA / Rheingau



Beim Riesling (Vergleich Nr. 3) verlief die Gärung der Einzelvarianten nicht so gleichmäßig wie bei den Vergleichen Nr. 1 und Nr. 2. Es war hier eine deutlich verzögerte Gärung bei der UO-Variante und der NF-Variante zu erkennen. Während bei allen anderen Varianten die Gärung nach 12 Tagen weitgehend abgeschlossen war, dauerte sie bei diesen Varianten 18 bzw. 20 Tage.

Eine Mitkonzentrierung gärhemmender Inhaltsstoffe scheint jedoch nicht die Ursache hierfür gewesen zu sein. Wäre dies der Fall, hätte auch die Variante UO-Anreicherung und Rückverschnitt einen ähnlich langsamen Gärungsverlauf aufzeigen müssen.

Generell muß gesagt werden, daß aufgrund der scharfen Vorklärung der Moste bei der Vergärung, Verzögerungen zu erwarten sind. Eine schlechtere Vergärung, die allein auf das Verfahren der Anreicherung zurückzuführen ist, konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

5.4.3 Analytische Veränderung der 95er Weine aus Anreicherungsversuchen

Stellvertretend für alle Vergleichsversuche sind die Analysenbilder der Vergleiche Nr. 1 (Ehrenfelser) und Nr. 3 (Riesling) in Tabelle A18 im Anhang aufgeführt.

Im großen und ganzen bestätigten die Analysen der Weine die tendenziellen Veränderungen der Vorjahre.

Bedingt durch die Erhöhung der zuckerfreien Extrakte zeigte sich bei den UO-Weinen, trotz gleicher Mostgewichte vor der Gärung, wiederum eine etwas geringere Alkoholausbeute. Beide NF-Varianten waren dagegen leicht überangereichert.

Im Vergleich zu den Vorjahren lagen sowohl die Asche als auch die pH-Werte der Weine deutlich höher. Die pH-Werte der durch UO und NF angereicherten Weine lagen trotz etwas höherer Gesamtsäurewerte um 0,2 bzw. 0,3 Punkte über denen der Saccharosvarianten. Hier zeigt sich wiederum die höhere Pufferungskapazität der mit UO- und NF-Membranen angereicherten Varianten.

Das Verhältnis zwischen Wein- und Äpfelsäure wurde sowohl bei den NF- als auch bei den UO-Weinen erniedrigt.

Die Farbveränderung der Rotweine wurde an den Vergleichen Nr. 4 (Portugieser) und Nr. 5 (Dornfelder) untersucht. Wie die Extinktionsmessungen in Tabelle 30 zeigen, ließ sich die in den Rotmosten festgestellte Farbvertiefung durch die UO-Anreicherung, auch nach der Gärung bestätigen.

Tab. 30: Farbintensität von 95er Rotweinen nach der Anreicherung mit Saccharose und Umkehrosrose

Versuch: Anreicherung:	Vergleich Nr. 4		Vergleich Nr. 5	
	PG/95/S/4 Sacchaorose	PG/95/UO/4 Umkehrosrose	DO/95/S/5 Sacchaorose	DO/95/UO/5 Umkehrosrose
Farbe: E 420	0,664	1,267	1,834	2,311
E 520	0,596	1,156	2,661	3,328
Farbintensität	1,260	2,423	4,495	5,639

Die Farbvertiefung der Rotweine war sehr deutlich und auch visuell leicht wahrnehmbar. Da die Ausprägung der Farbe bei Rotweinen ein wesentliches Qualitätskriterium darstellt, kann diesbezüglich zunächst von einer Qualitätsverbesserung der durch UO-Anreicherung hergestellten Rotweine gesprochen werden. Inwieweit diese farbliche Qualitätssteigerung auch auf die sensorische Beurteilung Auswirkungen hat, soll im folgenden Kapitel gezeigt werden.

5.4.5 Sensorische Beurteilung der 95er Weine aus Anreicherungsversuchen

Zur Untersuchung der sensorischen Qualität der hergestellten Versuchsweine wurden zunächst die in der Forschungsanstalt Geisenheim ausgebauten Weine (Vergleich Nr. 1 bis Nr. 3) 3 Monate nach der Abfüllung, von dem Prüferpanel nach dem DLG-5-Punkteschema verkostet. Es zeigte sich, daß alle Weine die Mindestpunktzahl von 1,5 Punkten erhielten und somit den Anforderungen der Qualitätsweinprüfung gerecht wurden.

Während bei den angereicherten Weinen keinerlei Ablehnungen erfolgten, wurde die Variante "späte Lese" im Vergleich Nr. 1 von fünf, im Vergleich Nr. 2 von einem und im Vergleich Nr. 3 von zwei Prüfern abgelehnt (siehe Tab. 31).

Hierzu muß folgendes angemerkt werden:

Um bei den Trauben, die für die Variante "späte Lese" vorgesehen waren, das natürliche Mostgewicht von ca. 92° Oe zu erreichen, konnten diese erst ca. drei Wochen später geerntet werden. Aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen kam es jedoch in dieser Zeit zum vermehrten Pilzbefall der Trauben durch *Botrytis cinerea*. Wiederholte Niederschläge bis zum Zeitpunkt der Lese machten daher die Gewinnung eines idealen Ausgangsmaterials zur Herstellung einer Spätlese nur bedingt möglich. Die Weine der Varianten "späte Lese" hatten daher bereits im Jungweinstadium leichte Mufftöne, die möglicherweise auf das pilzbefallene Lesegut zurückgeführt werden müssen. Im Verlauf des späteren Weinausbaus, schwächten sich diese Aromaveränderungen in ihrer Intensität ab. Eine Schönung wäre im Normalfall wohl angebracht gewesen, jedoch wurde bei der gesamten Versuchsweinerstellung, so auch bei diesen Weinen, mit Ausnahme der Entsäuerung auf jegliche Schönungsmaßnahmen verzichtet.

Es ist daher nicht auszuschließen, daß die schlechteren Beurteilungsergebnisse der Varianten "späte Lese" mit einer entsprechenden Korrektur beim Weinausbau zu vermeiden gewesen wären.

Tab. 31: Die sensorische Beurteilung von **95er Versuchswainen** nach dem DLG-5-Punkte-Prüfschema / **Vergleich Nr. 1 bis 3**
Prüferzahl: n = 20

Vergleich Nr. 1 / 95er Ehrenfelser QbA / Rheingau / n = 20				
	Anreicherungsart			
	Saccharose	UO	NF	SL
Ablehnungen	--	--	--	5
Qualitätszahl (Ø)	2,53	2,63	2,73	1,77
Streuung (R)	1,5 / 4	1,83 / 3,5	1,66 / 3,83	1 / 3,5
Standardabw. (s)	0,61	0,55	0,55	0,68

Vergleich Nr. 2 / 95er Osteiner QbA / Rheingau / n = 20				
	Anreicherungsart			
	Saccharose	UO	NF	SL
Ablehnungen	--	--	--	1
Qualitätszahl (Ø)	2,45	2,66	2,93	2,31
Streuung (R)	1,5 / 4	1,5 / 3,83	1,66 / 4,33	1,33 / 4
Standardabw. (s)	0,63	0,60	0,77	0,68

Vergleich Nr. 3 / 95er Riesling QbA / Rheingau / n = 20					
	Anreicherungsart				
	Saccharose	UO	NF	SL	UO/RV
Ablehnungen	--	--	--	2	--
Qualitätszahl (Ø)	2,79	2,45	2,39	2,08	2,43
Streuung (R)	2 / 3,83	1,5 / 3,66	1,5 / 3,83	1 / 3,5	1,5 / 4,33
Standardabw. (s)	0,47	0,63	0,58	0,65	0,65

Zeitgleich mit der DLG-Prüfung (3 Monate nach der Abfüllung), wurden die Versuchsvarianten der Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 9 in einer Rangordnungsprüfung gegenübergestellt. In Tabelle 32 sind die Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen der Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3 festgehalten. Während beim ersten Vergleich (Ehrenfelder Rheingau) die Variante "späte Lese" den letzten Rang erhielt, konnten die Prüfer keine weitere Unterscheidung zwischen den Varianten UO, NF und Saccharose finden.

Bei den Vergleichen Nr. 2 und Nr. 3 wurde jeweils die Saccharosevariante auf den ersten Rang gesetzt. Eine weitere Unterscheidung zwischen den übrigen Varianten war nicht möglich.

Bei allen drei Vergleichen lagen die Rangsummen relativ nahe zusammen und wichen teilweise von der kritischen Rangsumme, die zur signifikanten Unterscheidung erforderlich ist, nur geringfügig ab. Dies deutet darauf hin, daß die Unterschiede zwischen den Einzelvarianten ebenfalls nur geringe Ausprägungen hatten. Aus den sensorischen Vergleichen der Vorjahre zeigte sich, daß in solchen Fällen die Rangordnungsprüfung nur bedingt geeignet ist, um Unterschiede zwischen verschiedenen Versuchsvarianten mit großer Sicherheit zu finden.

Daher wurden die Weine der Vergleiche Nr.1 bis Nr. 3 zusätzlich einer Dreiecksprüfung unterzogen (siehe Tab. 33).

Es bestätigte sich die Vermutung, daß die Prüfer bei der Unterschiedsprüfung kaum in der Lage waren, die Anreicherungsvarianten UO und Saccharoseanreicherung signifikant zu unterscheiden. Nur bei dem Osteiner (Vergleich Nr. 2) konnte von den Prüfern die abweichende Probe erkannt werden. Bei der Frage nach der Bevorzugung einer der beiden Varianten konnte jedoch, wie bereits in den Vorjahren, kein signifikantes Ergebnis erreicht werden.

Aufgrund der Tatsache, daß die Prüfer bei der Rangordnungsprüfung praktisch gezwungen sind, den ihnen vorgestellten Weinen Rangplätze zu vergeben und es ihnen nicht gestattet ist zwei Weine auf den gleichen Rang zu setzen, kommt es bei geringen Qualitätsunterschieden häufig zu ungenauen Ergebnissen.

Tab. 32: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 95er Weinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleich Nr. 1 bis 3**
Prüferzahl n = 16

Vergleich Nr. 1 / 95er Ehrenfelser QbA / Rheingau / n = 16 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosmose	Saccharose	Nanofiltration	späte Lese
1	7	5	4	0
2	6	12	12	2
3	15	15	12	6
4	4	0	8	52
Rangsumme	32	32	36	60
Kritische Rangsumme bei 16 Prüfern / 4 Proben = 30 - 50				
Rangplatz	--	--	--	4
Rangsumme "rerange"	31	32	33	--
Kritische Rangsumme bei 16 Prüfern / 3 Proben = 25 - 39				
Rangplatz	1	1	1	4

Vergleich Nr. 2 / 95er Osteiner QbA / Rheingau / n = 16 / p = 5%				
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile			
	Anreicherungsart			
	Umkehrosmose	Saccharose	Nanofiltration	späte Lese
1	1	9	3	3
2	12	4	10	6
3	12	15	15	6
4	20	0	12	32
Rangsumme	45	28	40	47
Kritische Rangsumme bei 16 Prüfern / 4 Proben = 30 - 50				
Rangplatz	--	1	--	--
Rangsumme "rerange"	32	--	29	35
Kritische Rangsumme bei 16 Prüfern / 3 Proben = 25 - 39				
Rangplatz	2	1	2	2

Vergleich Nr. 3 / 95er Riesling QbA / Rheingau / n = 16 / p = 5%					
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile				
	Anreicherungsart				
	Umkehrosmose	Saccharose	Nanofiltration	späte Lese	UO/RV
1	0	10	1	1	4
2	6	6	8	4	8
3	6	3	9	18	12
4	32	4	12	4	12
5	15	5	25	30	5
Rangsumme	59	28	55	57	41
Kritische Rangsumme bei 16 Prüfern / 5 Proben = 35 - 61					
Rangplatz	--	1	--	--	--
Rangsumme "rerange"	44	--	42	43	31
Kritische Rangsumme bei 16 Prüfern / 4 Proben = 30 - 50					
Rangplatz	2	1	2	2	2

Tab. 33: Ergebnisse der Dreiecksprüfungen von 95er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleich Nr. 1 bis 3**
Prüferzahl: n = 20

Vgl. Nr.	Bezeichnung Sorte Herkunft	Anreicherung			abweichende Probe "richtig erkannt"			Bevorzugung			
		a	b	c	Anz.	%	Sign.	Einzelprobe		Doppelprobe	
								Anz.	Sign.	Anz.	Sign.
1	EF/95/.../1 Ehrenfelser Rheingau	S	S	UO	9	45	--	3	--	6	--
2	OS/95/.../2 Osteiner Rheingau	S	UO	S	11	55	--	6	--	5	--
3	R/95/.../3 Riesling Rheingau	UO	S	S	11	55	--	5	--	6	--

* = signifikant (p=5%), ** = hoch signifikant (p=1%), *** = sehr hoch signifikant (p=0,1%)

S = Saccharose, UO = Umkehrosmose

Auch bei den Rangordnungsprüfungen der Weine der SLVA Neustadt (Vergleiche Nr. 4 bis Nr. 9) zeigten die Ergebnisse keine gravierenden Abweichungen von den bisherigen Erkenntnissen (siehe Tab. 34 und 35).

Bei der Gegenüberstellung der Weine aus den Vergleichen Nr. 5 (Dornfelder Rotwein), Nr. 8 (Riesling) und Nr. 9 (Spätburgunder Rotwein), konnten die Prüfer keine Differenzierung der Einzelvarianten und damit keine Rangordnung vornehmen.

Die konventionell angereicherten Varianten, die vor der Gärung nicht mikrofiltriert waren, wurden in die Versuche einbezogen, um zu untersuchen, ob die scharfe Vorklärung einen Einfluß auf die sensorische Qualität hat.

Während diese Varianten bei den Vergleichen Nr. 5, Nr. 8 und Nr. 9 nicht unterschieden werden konnten, wurden sie bei den Vergleichen Nr. 4, Nr. 6 und Nr. 7 auf die Plätze 1, 2 und 3 gestellt. Damit ist klar, daß es den Prüfern nicht möglich war innerhalb dieser Versuchsreihe, eine gesicherte Aussage über einen positiven oder negativen Einfluß der Mikrofiltration auf die Weinqualität zu treffen.

Bei der weiteren Betrachtung der Vergleiche Nr. 4 (Portugieser), Nr. 6 (Silvaner) und Nr. 7 (Morio-Muskat) ist folgendes zu erkennen.

Unter den mikrofiltrierten Varianten wurde die Saccharosevariante nur bei den Vergleichen Nr. 6 und Nr. 7 besser bewertet als die UO-Variante.

In beiden Fällen lagen jedoch wiederum die ermittelten Rangsummen sehr nahe an den kritischen Rangsummen, was bedeutet, daß die Unterschiede relativ gering waren.

Es ist somit auch hier anzunehmen, daß eine weitere Gegenüberstellung in einer Dreiecksprüfung, kaum ein signifikantes Ergebnis bezüglich der Bevorzugung einer der beiden Varianten hervorbringen könnte.

Im Vergleich Nr. 4 (Portugieser) konnten die Prüfer zwischen den beiden mikrofiltrierten Varianten (Saccharose und UO) keine Rangordnung festlegen.

Die UO- und Saccharosevarianten der im Fachgebiet Kellerwirtschaft in Geisenheim ausgebauten Versuchsweine (Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3) wurden ein zweites mal (6 Monate nach der Abfüllung) in einer Dreiecksprüfung gegenübergestellt.

Zum gleichen Zeitpunkt wurden auch die beiden Rieslingweine der SLVA Trier zum ersten mal verkostet. Das Ergebnis ist in Tabelle 36 zusammengefaßt.

Tab. 34: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 95er Weinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleich Nr. 4 bis 6**
Prüferzahl n = 24

Vergleich Nr. 4 / 95er Portugieser QbA / Rotwein / Rheinpfalz / n = 24 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosmose (CMF)	Anreicherungsart	
		Saccharose (CMF)	Saccharose --
1	6	5	13
2	8	20	20
3	42	27	3
Rangsumme	56	52	36
Kritische Rangsumme bei 24 Prüfern / 3 Proben = 40 - 56			
Rangplatz	--	--	1
Rangsumme "rerange"	38	34	--
Kritische Rangsumme bei 24 Prüfern / 2 Proben = 31 - 44			
Rangplatz	2	2	1

Vergleich Nr. 5 / 95er Dornfelder QbA / Rotwein / Rheinpfalz / n = 24 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosmose (CMF)	Anreicherungsart	
		Saccharose (CMF)	Saccharose --
1	5	9	10
2	14	26	8
3	36	6	30
Rangsumme	55	41	48
Kritische Rangsumme bei 24 Prüfern / 3 Proben = 40 - 56			
Rangplatz	1	1	1

Vergleich Nr. 6 / 95er Silvaner QbA / Rheinpfalz / n = 24 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Umkehrosmose (CMF)	Anreicherungsart	
		Saccharose (CMF)	Saccharose --
1	3	14	7
2	14	16	18
3	42	6	24
Rangsumme	59	36	49
Kritische Rangsumme bei 24 Prüfern / 3 Proben = 40 - 56			
Rangplatz	3	1	2

Tab. 35: Ergebnisse der Rangordnungsprüfungen von 95er Weinen aus Anreicherungsversuchen **3 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleich Nr. 7 bis 9**
Prüferzahl n = 24

Vergleich Nr. 7 / 95er Morio-Muskat QbA / Rheinpfalz / n = 24 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Anreicherungsart		
	Umkehrosmose (CMF)	Saccharose (CMF)	Saccharose --
1	10	12	2
2	18	20	10
3	15	6	51
Rangsumme	43	38	63
Kritische Rangsumme bei 24 Prüfern / 3 Proben = 40 - 56			
Rangplatz	2	1	3

Vergleich Nr. 8 / 95er Riesling QbA / Rheinpfalz / n = 24 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Anreicherungsart		
	Umkehrosmose (CMF)	Saccharose (CMF)	Saccharose --
1	8	8	8
2	18	12	18
3	21	30	21
Rangsumme	47	50	47
Kritische Rangsumme bei 24 Prüfern / 3 Proben = 40 - 56			
Rangplatz	1	1	1

Vergleich Nr. 9 / 95er Spätburgunder QbA / Rotwein / Rheinpfalz / n = 24 / p = 5%			
Platz	Platzziffern multipliziert mit der Anzahl der Einzelurteile		
	Anreicherungsart		
	Umkehrosmose (CMF)	Saccharose (CMF)	Saccharose --
1	4	4	16
2	22	20	6
3	27	30	15
Rangsumme	53	54	37
Kritische Rangsumme bei 24 Prüfern / 3 Proben = 40 - 56			
Rangplatz	1	1	1

Bei den Vergleichen Nr. 1 und Nr. 3 bestätigte sich zunächst das bereits 3 Monate vorher gefundene Ergebnis, wonach die Prüfer weder in der Lage waren, Unterschiede zu erkennen, noch eine Bevorzugung für UO- oder Saccharosevarianten festzustellen. Lediglich beim Osteiner (Vergleich Nr. 2) wurde die abweichende Probe (UO) und damit ein signifikanter Unterschied erkannt. Allerdings wurde auch hier von den Prüfern keine der beiden Varianten bevorzugt.

Ebenso konnten die Prüfer auch bei Vergleich Nr. 10 (Riesling A = früh geerntet mit 62 °Oe) UO- und Saccharosevarianten nicht signifikant unterscheiden.

Beim Vergleich Nr. 11 (Riesling B = spät geerntet mit 76 °Oe) kam es zu einem sehr hoch signifikanten Ergebnis, wobei die UO-Variante als abweichende Probe erkannt wurde und mit ebenso hoher Signifikanz von den Prüfern bevorzugt wurde. Bei der Befragung der Prüfer stellte sich jedoch heraus, daß ein ausgeprägter Fehlton (Ethylacetat) der Saccharosevariante die Ursache für dieses deutliche Ergebnis war. Eine fehlerhafte Gärung hatte demnach diesen Wein derart sensorisch negativ verändert, so daß dieses Ergebnis nicht in die Gesamtbeurteilung mit einbezogen werden konnte.

Tab. 36: Ergebnisse der Dreieckprüfungen von 95er Versuchsweinen aus Anreicherungsversuchen **6 Monate** nach der Abfüllung / **Vergleich Nr. 1, 2, 3, 10 und 11** / Prüferzahl: n = 24

Vgl. Nr.	Bezeichnung Sorte Herkunft	Anreicherung			abweichende Probe "richtig erkannt"			Bevorzugung			
		a	b	c	Anz.	%	Sign.	Einzelprobe		Doppelprobe	
								Anz.	Sign.	Anz.	Sign.
1	EF/95/.../1 Ehrenfelder Rheingau	S	UO	S	10	42	--	5	--	5	--
2	OS/95/.../2 Osteiner Rheingau	S	S	UO	15	63	**	8	--	7	--
3	R/95/.../3 Riesling Rheingau	UO	S	S	10	42	--	3	--	7	--
10	RA/95/.../10 95er Riesling Mosel (frühe Ernte, 62°Oe)	S	UO	UO	12	50	--	5	--	7	--
11	RB/95/.../11 95er Riesling Mosel (späte Ernte, 75°Oe)	S	S	UO	20	83	***	18	***	2	--

* = signifikant (p=5%), ** = hoch signifikant (p=1%), *** = sehr hoch signifikant (p=0,1%)

S = Saccharose, UO = Umkehrosiose

Insgesamt läßt sich festhalten, daß die UO-Anreicherung auch bei den Weinen der Jahrgangs 1995 zu kaum erkennbaren sensorischen Veränderungen geführt hat. Während bei den drei in Geisenheim ausgebauten Versuchen in der Rangordnungsprüfung die Saccharose in zwei Fällen auf den ersten Rang gestellt wurden, konnte dieses Ergebnis auch bei dem wiederholt durchgeführten Dreieckstest nicht bestätigt werden.

Bei den sechs Versuchen mit Weinen aus der Rheinpfalz konnten die Prüfer in nur 2 Fällen eine signifikante Rangunterscheidung zwischen UO- und Saccharoseanreicherung zugunsten der Saccharosevarianten vornehmen. In beiden Fällen waren die Rangsummen der Einzelvarianten jedoch nahe der kritischen Rangsumme, was auf eher geringfügige Unterschiede hinweist.

Auch bei dem Riesling A (Vergleich Nr. 10) der SLVA Trier waren die Prüfer nicht in der Lage, den Unterschied zwischen UO- und Saccharoseanreicherung zu erkennen. Beim Riesling B (Vergleich Nr. 11) veränderte eine fehlerhafte Gärung den Wein derart, daß eine Auswertung des Ergebnisses nicht gestattet ist.

5.5 Untersuchung der Einflußfaktoren auf die Fluxleistung bei der Anreicherung von Mosten durch UO und NF

Die verschiedenen am Markt erhältlichen UO-Membranen unterscheiden sich in ihrer Trennleistung, die durch ihr Rückhaltevermögen für Natriumchlorid oder Saccharose charakterisiert wird. Im Idealfall sollte die Membran in der Lage sein, nur das Lösungsmittel, im Fall der Mostanreicherung also das Wasser, passieren zu lassen und alle Extraktstoffe zurückzuhalten. Tatsächlich haben aber alle Membranen einen geringen Salzschlupf, d.h. kleine Mengen an gelösten Stoffen passieren die Membranporen und gelangen ins Permeat. Das Salzurückhaltevermögen von UO-Membranen liegt zwischen 95 und 99,5%. Mit steigendem Rückhaltevermögen bzw. mit größerer Dichtigkeit der Membran sinkt allerdings die Durchflußmenge pro Zeiteinheit für das Lösungsmittel. Diese Tatsache wirkt sich wiederum auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens negativ aus, da der Energieaufwand in Form von Druck und Überströmungsgeschwindigkeit sowie der Membranflächenbedarf und damit die Auslegung der Anlage mit steigender Dichtigkeit der Membran zunimmt und somit den Prozeß verteuert.

Es muß also angestrebt werden, bei gegebener Membranporengröße die Prozeßbedingungen so zu wählen, daß der Durchfluß an Lösungsmittel (Permeatflux) möglichst hoch ist.

Während bei der Anlage der Firma Strassburger in der Herbstkampagne 1993 nicht die Möglichkeit bestand, Druck und Temperatur gezielt zu verändern, war dies bei den Anlagen der Firma Millipore und der Firma Sartorius möglich.

Mit der Anlage der Firma Sartorius konnten im letzten Versuchsjahr mit einer UO-Membran zudem höhere Drücke (bis 70 bar) angewendet werden. Daher wurden mit dieser Anlage in Vorversuchen die Einflußgrößen auf den Permeatflux untersucht. Es wurden hierbei zwei Membranen (Nanofiltrations- und Umkehrosomosemembran; siehe Kap. 4.2.5) eingesetzt.

Die Überströmung konnte nur bei der Konzentrierungsanlage der Firma Millipore verändert werden, so daß der Einfluß der Überströmung bereits in der Herbstkampagne 1994 untersucht wurde.

5.5.1 Einfluß der Temperatur

Der Einfluß der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit von Umkehrosmoseanlagen wurde von verschiedenen Autoren untersucht (STRATHMANN, 1973 u. MATTSON und TOMSIC, 1964). Hierbei wurden in Temperaturbereichen bis zu 40° C, Steigerungen der Permeatdurchflußleistung von etwa 3 % pro 1° C ermittelt. Da diese Versuche meist mit Modellösungen bzw. bei Wasseraufbereitungsanlagen durchgeführt wurden, lag es nahe zu untersuchen, inwieweit sich dieser Wert auf die Anwendung der Umkehrosmose bzw. Nanofiltration bei der Mostanreicherung übertragen läßt.

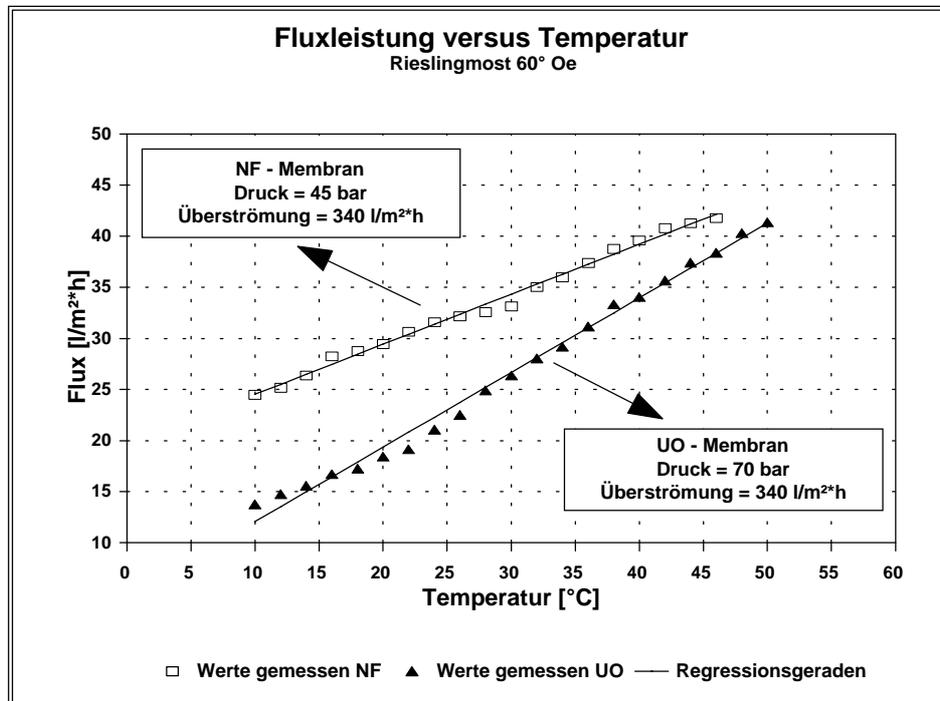
Der Einfluß unterschiedlicher Temperaturen auf die Fluxleistung wurde mit insgesamt 3 verschiedenen Mosten untersucht. Diese waren nicht geschönt und wurden vor den Versuchen mit 0,45 µm Membranen mikrofiltriert. Das Mostgewicht der Versuchsmoste betrug 60° Oe. Während der Versuche wurde das Permeat kontinuierlich in den Vorlagetank zurückgeführt wodurch die Zuckerkonzentration des Mostes konstant gehalten wurde.

Die Versuche wurden sowohl mit Umkehrosmosemembranen als auch mit Nanofiltrationsmembranen durchgeführt.

Die Temperaturerhöhung erfolgte in Schritten von je 2° C bis zur zulässigen Maximaltemperatur für die jeweilige Membran. Die Messungen erfolgten also in den Bereichen von 10 bis 46° C (NF-Membran) bzw. 10 bis 50° C (UO-Membran). Mit steigender Temperatur stieg auch die Fluxleistung, was eine Verringerung des Transmembrandruckes zur Folge hatte. Dieser mußte deshalb vor jeder Messung wieder auf einen konstanten Wert von 45 bar (NF) bzw. 70 bar (UO) eingestellt werden. Die Überströmung lag zu Beginn der Versuche bei 850 l/h (entspricht 340 l/m²*h) und verringerte sich durch den steigenden Flux geringfügig. Eine Regulierung der Überströmung war nicht möglich, jedoch ist die Reduzierung der Überströmung, die rein rechnerisch dem Wert der Fluxsteigerung (ca. 13 bis 43 l/m²*h) entspricht, bezogen auf den Ausgangswert von 340 l/m²*h nur gering und wurde daher vernachlässigt.

Die Erwärmung des Mostes erfolgte durch den Energieeintrag der Hochdruckkolbenpumpe. Zur Messung wurde der jeweilige Temperaturbereich mit einem Schlangenkühler der in den Vorlagetank eingetaucht wurde, für die Dauer von etwa 5 Minuten konstant gehalten.

Abb. 19: Einfluß der Temperatur auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosmose- und Nanofiltrationsmembranen



In der Abbildung 19 ist zu erkennen, daß die Fluxleistung der Nanofiltration bei der Anfangstemperatur von 10° C etwa doppelt so hoch ist als die der Umkehrosmose. Beide Kurven zeigen eine fast exakte lineare Abhängigkeit zur Temperatur, was durch die gute Übereinstimmung der Regressionsgeraden zu den experimentell gemessenen Werten deutlich wird. Die Fluxkurve der UO-Membran stieg deutlich stärker an als die der NF-Membran. Hier wird deutlich, daß die abnehmende Viskosität des Mostes bei steigender Temperatur, die durch die Brechung der Wasserstoffbrücken des Lösungsmittels Wasser hervorgerufen wird, bei der engporigeren UO-Membran einen wesentlich größeren Einfluß auf die Fluxleistung hat als bei der NF-Membran. Das bedeutet, daß durch Temperaturerhöhung des Mostes bei der Umkehrosmose im Temperaturbereich zwischen 10 und 50° C größere Leistungssteigerungen zu erzielen sind als bei der Nanofiltration.

Tab. 37: Einfluß der Temperatur auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosrose- und Nanofiltrationsmembranen

Temperatur [°C]	Umkehrosrose (SW30HR)			Nanofiltration (DK 2540F)		
	Flux [l/m ² *h]	Flux Regression [l/m ² *h]	Flux- Steigerung [% / °C]	Flux [l/m ² *h]	Flux Regression [l/m ² *h]	Flux- Steigerung [% / °C]
10	13,8	12,1	--	24,5	24,5	--
12	14,8	13,5	3,59	25,2	25,5	1,43
14	15,6	15,0	2,74	26,4	26,5	2,38
16	16,8	16,4	3,69	28,3	27,5	3,60
18	17,3	17,9	1,58	28,8	28,5	0,88
20	18,5	19,4	3,47	29,5	29,4	1,22
22	19,2	20,8	1,95	30,7	30,4	2,03
24	21,1	22,3	5,00	31,6	31,4	1,47
26	22,6	23,8	3,41	32,2	32,4	0,95
28	25,0	25,2	5,32	32,6	33,4	0,62
30	26,4	26,7	2,88	33,2	34,3	0,84
32	28,1	28,1	3,18	35,1	35,3	2,87
34	29,2	29,6	1,99	36,0	36,3	1,36
36	31,2	31,1	3,42	37,4	37,3	1,94
38	33,4	32,5	3,46	38,8	38,3	1,87
40	34,1	34,0	1,08	39,6	39,2	1,03
42	35,7	35,4	2,38	40,8	40,2	1,52
44	37,4	36,9	2,44	41,3	41,2	0,61
46	38,4	38,4	1,28	41,8	42,2	0,61
48	40,3	39,8	2,50			
50	41,4	41,3	1,34			
			Ø = 2,84 %			Ø = 1,51 %

In den untersuchten Temperaturbereichen von 10 bis 50° C bzw. 10 bis 46° C wurde die von den oben genannten Autoren ermittelte Fluxsteigerung (ca. 3% pro °C Temperaturerhöhung) durch die in eigenen Versuchen ermittelte Steigerung von durchschnittlich 2,84 % zumindest bei der Umkehrosrosemembran bestätigt (siehe Tab. 37). Bei der NF-Membran lag die mittlere Fluxsteigerung bei nur 1,51 % pro °C Temperaturerhöhung. Diese geringere

Steigerung der Durchflußmenge ist in der graphischen Darstellung (Abb. 19) durch eine flacher ansteigende Fluxkurve gut zu erkennen.

Demnach hat vermutlich die Viskositätsabnahme des Lösungsmittels Wasser bei steigender Temperatur bei Membranen mit größeren Porenweiten einen weniger starken Einfluß auf die Fluxsteigerung. Zudem ist zu berücksichtigen, daß die Versuche mit der Nanofiltrationsmembran DK2540F bei geringerem Maximaldruck (45 bar) durchgeführt wurden und somit die Druckdifferenz zwischen dem osmotischen Druck des Mostes und dem Transmembrandruck wesentlich geringer ist. Durch die membranbedingte Druckbeschränkung auf 45 bar konnte nicht festgestellt werden, wie sich die Steigung der Fluxkurve bei höheren Drücken verhält.

Aufgrund der Tatsache, daß die Fluxrate in den untersuchten Temperaturbereichen eine lineare Abhängigkeit zur Temperatur zeigt, ist es genauer, die durchschnittliche Steigerung nicht in Prozent von dem jeweils vorausgegangenen Wert, sondern vielmehr in absoluten Werten anzugeben.

Aus den Regressionsgeraden der in den Versuchen ermittelten Werte ergibt sich pro °C Temperaturerhöhung eine absolute Fluxsteigerung von 0,73 l/m²*h für die UO-Membran und 0,49 l/m²*h für die NF-Membran.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist eine Membrananlage so zu betreiben, daß möglichst hohe Permeatleistungen erzielt werden können. Daher ist die Verarbeitungstemperatur möglichst hoch zu wählen, wobei jedoch die Gefahr der Produktschädigung bei steigender Temperatur zu beachten ist. Die geeignete Verarbeitungstemperatur wird demnach von verschiedenen Faktoren abhängen. Zunächst ist die Maximaltemperatur in der Regel durch das Membranmaterial vorgegeben. Inwieweit die für die Membran zulässige Temperaturbelastung voll ausgeschöpft werden kann, hängt weiterhin von der Dauer d.h. also von der Verweilzeit des Mostes in der Anlage ab. Je nachdem ob eine Konzentrationsanlage diskontinuierlich oder kontinuierlich arbeitet, wird die Verweilzeit sehr unterschiedlich sein. Zur Einstellung der optimalen Betriebstemperatur und anschließenden Rückkühlung auf Starttemperatur für die Gärung wäre beispielsweise der Einsatz eines Wärmetauschers denkbar.

5.5.2 Einfluß des Transmembrandruckes

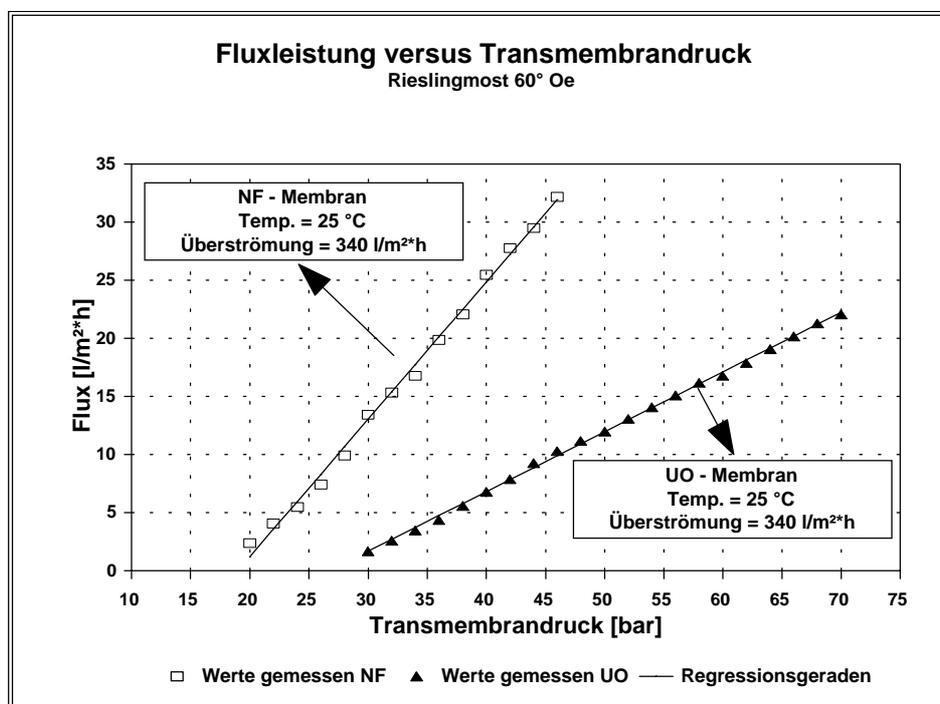
In weiteren Versuchen mit insgesamt drei verschiedenen Mosten wurde der Einfluß des Transmembrandruckes (TMP) auf die Permeatleistung untersucht. Auch hier wurden alle anderen Parameter soweit als möglich konstant gehalten. Die Moste waren vorher wie bei allen Versuchen mikrofiltriert und nicht mit Schönungsmitteln behandelt. Die Temperatur wurde mit Hilfe eines Schlangenkühlers während der gesamten Versuchszeit auf 25° C eingestellt. Die Überströmung während der Versuche betrug anfangs 340 l/m²*h und erniedrigte sich entsprechend der Fluxsteigerung, wie bei den vorangegangenen Versuchen erwähnt, geringfügig. Die Mostgewichte wurden zur besseren Vergleichbarkeit der Einzelversuche, ebenso wie bei den Versuchen zum Temperatureinfluß, auf 60° Oechsle eingestellt und durch permanente Rückführung des Filtrates in den Vorlagetank konstant gehalten. Die ersten Messungen im unteren Druckbereich erfolgten, sobald ein meßbarer Flux vorhanden war. Bei der UO-Membran wurde ein meßbarer Flux ab einem Transmembrandruck von etwa 30 bar erreicht, während bei der NF-Membran bereits bei 20 bar mit den Messungen begonnen werden konnte. Die Obergrenze der angewandten Transmembrandrücke war durch die Herstellerangaben festgelegt und lag daher bei 70 bar (UO) bzw. 46 bar (NF).

Tab. 38: Einfluß des Transmembrandruckes auf die Fluxrate

TMP [bar]	Umkehrosmose (SW30HR)			Nanofiltration (DK 2540F)		
	Flux [l/m ² *h]	Flux Regression [l/m ² *h]	Flux- Steigerung [% / bar]	Flux [l/m ² *h]	Flux Regression [l/m ² *h]	Flux- Steigerung [% / bar]
22				4,1	3,6	1,68
24				5,5	5,9	1,33
26				7,4	8,3	1,33
28				10,0	10,7	1,32
30	1,7	1,7	--	13,4	13,1	1,33
32	2,6	2,7	1,51	15,4	15,4	1,12
34	3,5	3,7	1,33	16,8	17,8	1,07
36	4,4	4,8	1,24	19,9	20,1	1,16
38	5,6	5,8	1,25	22,1	22,5	1,09
40	6,8	6,8	1,19	25,5	24,9	1,13
42	7,9	7,8	1,14	27,8	27,2	1,07
44	9,3	8,9	1,16	29,5	29,6	1,04
46	10,3	9,9	1,09	32,2	31,9	1,07
48	11,2	11,0	1,07			
50	12,0	12,0	1,05			
52	13,1	13,0	1,07			
54	14,1	14,0	1,06			
56	15,1	15,1	1,05			
58	16,2	16,1	1,05			
60	16,8	17,1	1,02			
62	17,9	18,1	1,05			
64	19,1	19,2	1,05			
66	20,2	20,2	1,04			
68	21,3	21,2	1,03			
70	22,1	22,3	1,02			
			Ø = 1,12 %			Ø = 1,21 %

Die Druckerhöhung nach jeder Messung erfolgte in Schritten von je 2 bar (Tab. 38). Es wird deutlich, daß die Erhöhung des Transmembrandruckes einen Anstieg der Fluxleistung bewirkt. Auch hier zeigt sich bei beiden Membranen eine Abhängigkeit, die einen weitgehend linearen Verlauf hat. Während bei der NF-Membran bereits bei 20 bar ein Permeatfluß von 2,4 l/m²*h meßbar war, begann der Permeatflux bei der UO-Membran erst bei 30 bar mit 1,9 l/m²*h (Tab. 38). Beide Kurven zeigen unterschiedliche Steigungsraten (siehe Abb. 20).

Abb. 20: Einfluß des Transmembrandruckes auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosiose- und Nanofiltrationsmembranen



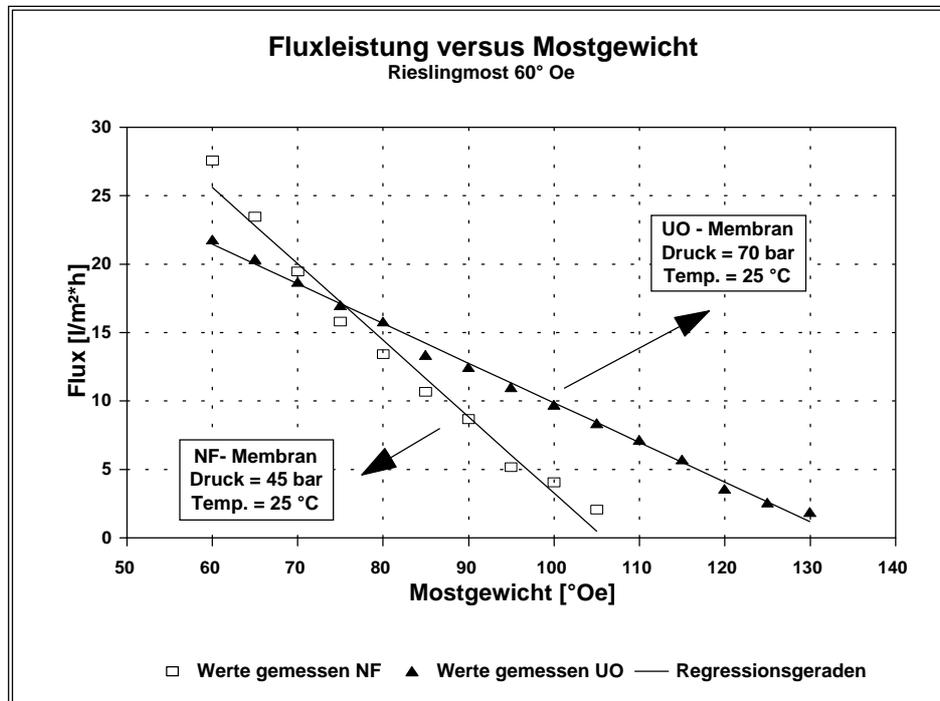
Die durch Regressionsanalysen gebildeten Geraden verlaufen in beiden Fällen fast deckungsgleich mit den Graphen der Meßwerte. Im Gegensatz zum Temperatureinfluß ist durch eine Veränderung des Transmembrandruckes bei der NF-Membran eine stärkere Leistungsveränderung als bei der UO-Membran zu erkennen. Bei der NF-Membran liegt die zu erzielende Fluxsteigerung pro bar Druckerhöhung mit 1,1 l/m²*h etwa doppelt so hoch wie bei der UO-Membran wo sie nur 0,5 l/m²*h beträgt. Prozentual ergibt sich hieraus eine durchschnittliche Steigerung der Permeatabtrennung von 1,2 % für die NF-Membran und 1,1 % für die UO-Membran bei der Druckerhöhung um je ein bar.

Das von WUCHERPFENNIG (1977) erwähnte Abknicken oder gar Absinken der Fluxkurve bei steigendem Druck durch die Kompaktion der Membran (Verringerung der Porenweite) konnte in den eigenen Versuchen bei den o.g. Druckbereichen nicht festgestellt werden. Das bedeutet, daß mit der Verwendung von Membranen mit noch höherer Druckbeständigkeit eine weitere Steigerung der Permeatleistung möglich wäre. Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung spielt dieser Sachverhalt eine wesentliche Rolle. Membran- und Modulart wären im Idealfall also so zu wählen, daß die Druckbereiche, in denen eine lineare Abhängigkeit zwischen Druck und Permeatleistung besteht, voll ausgeschöpft werden und somit ein maximaler Durchschnittsflux erreicht werden kann.

5.5.3 Einfluß der Konzentration

Um die Veränderung der Permeatleistung bei unterschiedlichen Mostgewichten zu verdeutlichen, wurden auch hierzu mit beiden Membrantypen experimentelle Versuche durchgeführt. Bei konstanter Temperatur (25° C) und dem jeweiligen zulässigen Höchstdruck (45 bar NF-Membran und 70 bar UO-Membran) wurde hierbei die Fluxleistung bei steigendem Mostgewicht gemessen. Die ersten Messungen erfolgten zunächst bei 60° Oe und wurden dann im Laufe der Konzentrierung in Schritten von je 5° Oe erneut durchgeführt. Wie bei den Versuchen zu Temperatur- und Druckeinfluß lag auch hier die Überströmung bei 340 l/m²*h. Die Endpunkte der Messungen waren durch den immer geringer werdenden Permeatflux vorgegeben und lagen bei der UO-Membran bei 130° Oe und bei der NF-Membran bei 105° Oe.

Abb. 21: Einfluß des Mostgewichtes auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosmose- und Nanofiltrationsmembranen



Der Verlauf der Fluxkurven zeigt einen kontinuierlichen Rückgang der Permeatleistung bei steigendem Mostgewicht, wobei der Abfall pro Mostgewichtseinheit bei der NF-Membran deutlich stärker ist als bei der UO-Membran (siehe Abb. 21).

Mit steigendem Mostgewicht (steigende Zuckerkonzentration) erhöht sich der osmotische Druck des Mostes. Da der angewandte Transmembrandruck nun konstant gehalten wurde, bedeutet die Erhöhung des Mostgewichtes nicht anderes als eine Erniedrigung der Druckdifferenz zwischen dem angewandten TMP und dem osmotischen Druck des Mostes.

Tab. 39: Einfluß des Mostgewichtes auf die Fluxrate

MG [°Oe]	Umkehrosmose (SW30HR)			Nanofiltration (DK 2540F)		
	Flux [l/m ² *h]	Flux Regression [l/m ² *h]	Flux- Rückgang [% / 5°Oe]	Flux [l/m ² *h]	Flux Regression [l/m ² *h]	Flux- Rückgang [% / 5°Oe]
60	21,8	21,5	--	27,6	25,6	--
65	20,4	20,0	6,6	23,5	22,8	14,9
70	18,7	18,6	8,2	19,5	20,1	17,0
75	17,0	17,1	9,0	15,8	17,3	18,7
80	15,8	15,7	7,0	13,4	14,5	15,2
85	13,4	14,2	15,6	10,7	11,7	20,4
90	12,5	12,8	6,7	8,7	8,91	18,7
95	11,0	11,3	11,7	5,2	6,1	40,2
100	9,8	9,9	11,6	4,1	3,3	21,2
105	8,4	8,4	13,9	2,1	0,5	48,8
110	7,2	7,0	14,3			
115	5,8	5,5	20,0			
120	3,6	4,1	37,5			
125	2,6	2,6	27,8			
130	1,9	1,2	26,2			
			Ø = 15,4%			Ø = 23,9

Dies wird deutlich, bei dem Vergleich der Fluxleistungen in Abhängigkeit vom Druck mit den Fluxleistungen bei steigendem Mostgewicht.

Die Veränderung des Mostgewichtes hat auch hier bei der UO-Membran einen geringeren Einfluß auf die Permeatleistung als bei der NF-Membran (siehe Abb. 21).

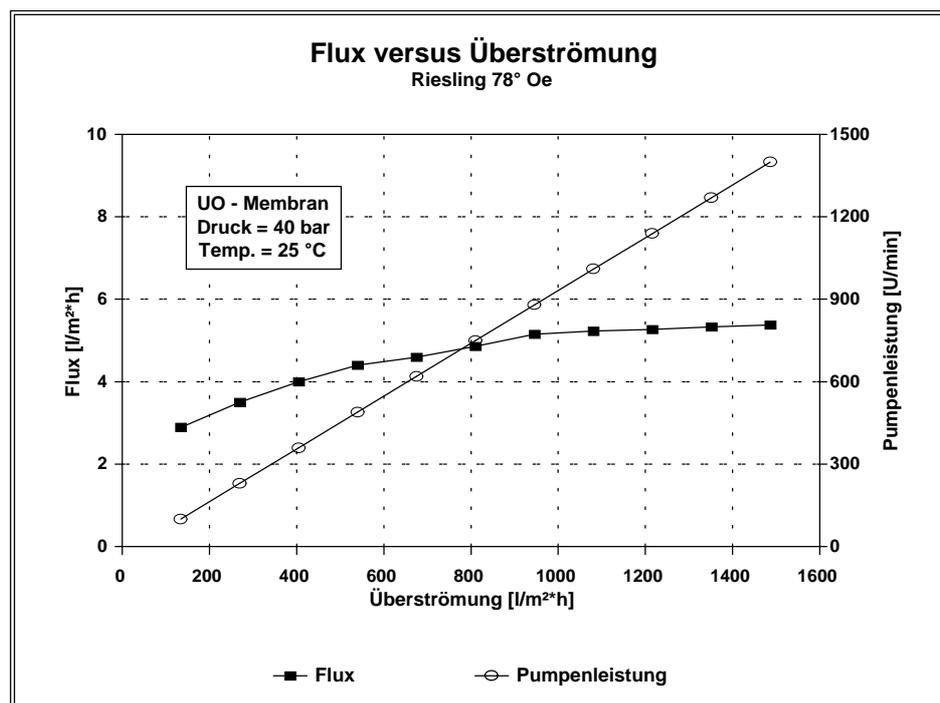
Ebenso wie bei der Druckerhöhung war bei der Mostgewichtserhöhung die Steigung der Fluxkurve der NF-Membran (= -0,56) etwa doppelt so hoch wie die der UO-Membran (= -0,29).

5.5.4 Einfluß der Überströmung

Der Einfluß der Überströmung konnte lediglich in der Herbstkampagne 1994 untersucht werden, da nur die Anlage der Fa. Millipore so ausgerüstet war, daß durch Veränderung der Pumpenleistung die Überströmungsleistung variiert werden konnte. Für diese Versuche wurde ein Rieslingmost mit 78° Oe verwendet, der ebenso wie die Moste aus den anderen Versuchen im Vorfeld mit einem Cross-Flow-Filter geklärt wurde. Der Druck betrug, bedingt durch die Maximalbelastung des Membranmoduls (Nanomax 95, MR-4) während der Versuche 40 bar und die Versuchstemperatur 25° C.

Der niedrigere Flux im Vergleich zu den vorangegangenen Versuchen war hier auf das höhere Mostgewicht und den geringeren Transmembrandruck zurückzuführen.

Abb. 22: Einfluß der Überströmung auf die Fluxrate bei der Anreicherung mit Umkehrosmosemembranen



In Abbildung 22 wird deutlich, daß bis zu einer Überströmung von ca. 600 l/m²*h die Fluxkurve gleichmäßig ansteigt, um dann immer mehr abzuflachen. Bei einer Überströmung von mehr als 800 l/m²*h konnten kaum noch Fluxsteigerungen erreicht werden.

Spiralwickelmodule besitzen mit > 1000 m² Membranfläche pro m³ Modulvolumen die höchste Packungsdichte im Vergleich zu anderen Modultypen. Dadurch ist der Strömungsquerschnitt für die aufzutrennende Lösung und der daraus resultierende erforderliche spezifische Einspeisefluß (Überströmung) mit 200 - 400 kg/m²*h vergleichsweise gering (SAMHABER 1983).

Aufgrund dieser Gegebenheiten sind die in den Versuchen verwendeten Spiralwickelmodule nur für Lösungen mit einem geringen Feststoffgehalt geeignet, wobei die Feststoffe möglichst feindispers sein müssen, um Verstopfungen im Modul zu vermeiden.

Verglichen mit der erforderlichen Überströmung (200 - 400 kg/m²*h), lagen die Überströmungswerte bei den eigenen Versuchen in weiten Bereichen deutlich höher. Dies erklärt die geringen Fluxsteigerungen bei hohen Überströmungen.

Generell war daher die mögliche Steigerung des Flux durch die Erhöhung der Überströmungsleistungen nur gering. Dies war aufgrund der scharfen Vorklärung mit dem Cross-Flow-Mikrofilter auch zu erwarten, da der Most praktisch keine Trubstoffe und nur wenige hochmolekulare Inhaltsstoffe beinhaltet und somit von einer geringen Deckschichtbildung ausgegangen werden konnte.

5.6 Ermittlung der Fluxleistung bei der UO-Anreicherung als Grundlage für die Betriebswirtschaftliche Untersuchung

Um eine realistische Angabe über die zu erreichende durchschnittliche Fluxleistung bei der UO-Anreicherung zu erhalten, wurden im Versuchsjahr 1995 bei allen Versuchen die Leistungsdaten der Anlage dokumentiert. Da die Mostgewichts- und Temperaturverläufe während der Anreicherung schwierig zu standardisieren waren, wurde bei den einzelnen Versuchen in regelmäßigen Abständen Fluxraten, Temperatur und Mostgewicht erfaßt.

Mit Hilfe der in Kapitel 5.5.2 ermittelten Zusammenhänge zwischen dem Flux und dem Einflußfaktor Temperatur konnte dann zur besseren Vergleichbarkeit der tatsächlich ermittelte Durchschnittsflux auf einen temperaturkorrigierten Flux (bei 25° C) ermittelt werden.

In den Abbildungen 23 bis 25 sind am Beispiel der drei Moste aus der Forschungsanstalt Geisenheim (Vergleich Nr. 1 Ehrenfelser, Vergleich Nr. 2 Osteiner und Vergleich Nr. 3 Riesling) der Permeatflux sowie Mostgewichts- und Temperaturverlauf während der Anreicherung graphisch dargestellt.

Abb. 23: Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung
Druck 70 bar / **Vergleich Nr. 1**

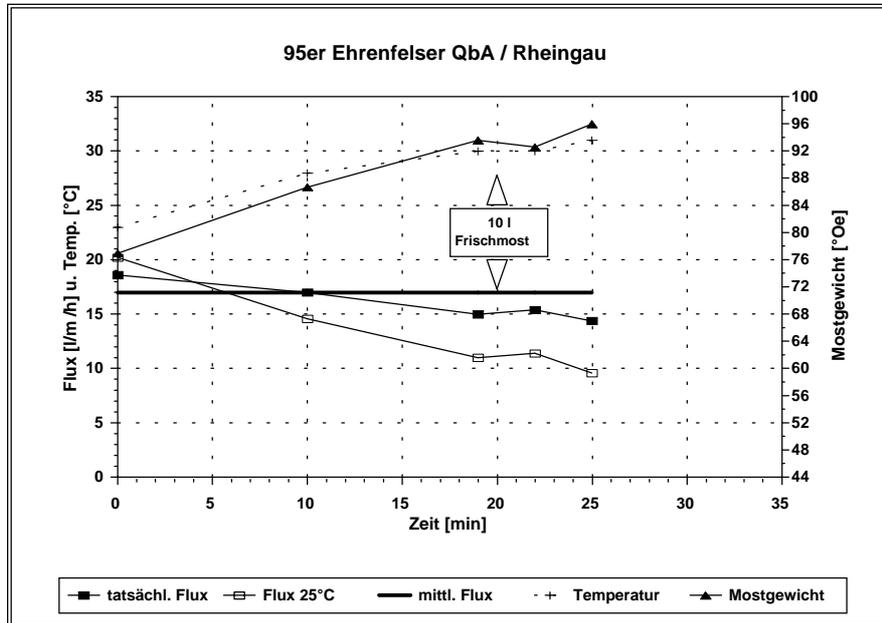


Abb. 24: Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung
Druck 70 bar / **Vergleich Nr. 2**

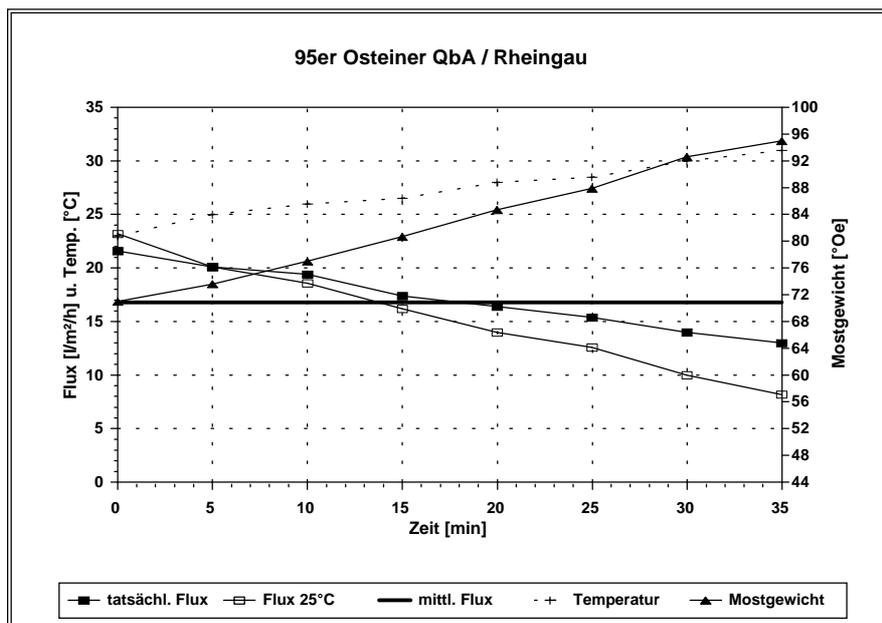
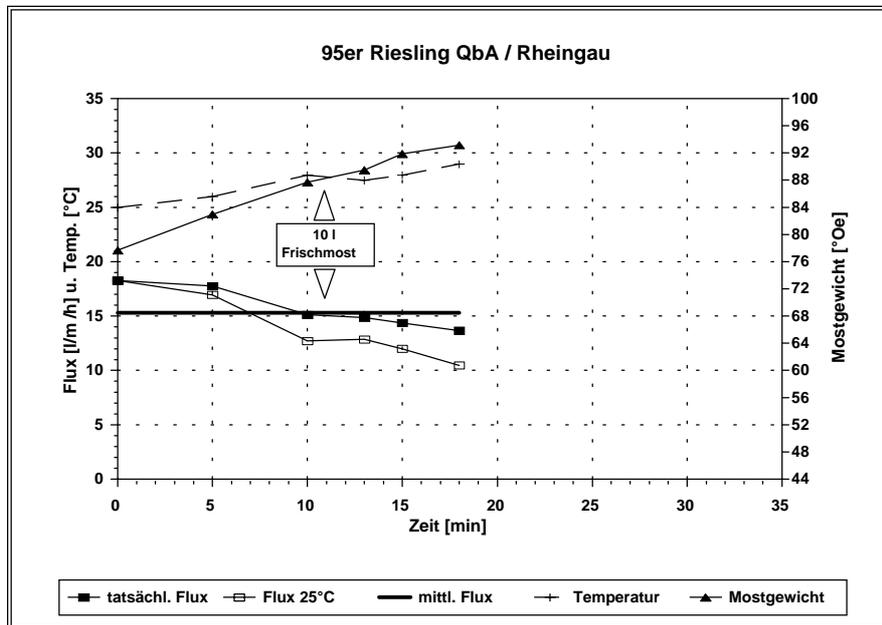


Abb. 25: Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung
Druck 70 bar / **Vergleich Nr. 3**



Es läßt sich erkennen, daß trotz steigender Temperatur im Verlauf der Anreicherung die Fluxleistung sinkt. Dies ist der Fall, weil gleichzeitig mit zunehmender Permeatabtrennung auch die Zuckerkonzentration ansteigt. Der Anstieg des Zuckergehaltes und damit des osmotischen Druckes im Konzentrat, hat somit einen größeren Einfluß auf die Fluxleistung als die gleichzeitig ansteigende Temperatur.

Bei der Zugabe von nicht angereichertem Frischmost während der UO-Behandlung kommt es zu einem Verdünnungseffekt. Bei einer großen Temperaturdifferenz zwischen der aktuellen Produkttemperatur und der Temperatur des Frischmostes kommt es zum Abknicken der Temperaturkurve.

Da jedoch die Zuckerkonzentration des Konzentrates sinkt, kommt es kurzzeitig zu einer Stagnation und teilweise sogar zur geringen Erhöhung der Fluxleistung.

Aus den so ermittelten Leistungsdaten aller elf Vergleichsversuche des Jahres 1995, wurde dann die mittlere Fluxrate, bei den innerhalb der Versuche gemessenen Temperaturen, sowie der auf 25° C korrigierte mittlere Flux ermittelt (siehe Tab. 40).

Tab. 40: Ermittlung der tatsächlich erzielten mittleren Fluxleistung, sowie der mittleren Fluxleistung bei 25° C

Vergleich Nr.	Anreicherung (Mostgewicht)		Temperatur (°C)		Ø Flux gemessen (l/m ² *h)	Ø Flux bei 25 °C (l/m ² *h)
	von	bis	von	bis		
1	77	96	23	31	17,0	16,0
2	71	94	23	31	16,8	16,4
3	77	93	25	29	15,3	15,3
4	62	93	17	34	13,6	14,1
5	71	111	18	35	12,7	12,4
6	64	98	16	30	13,8	18,6
7	56	89	17	29	16,0	15,4
8	72	98	5	24	9,0	17,7
9	83	101	11	25	8,8	14,2
10	61	98	18	28	16	17,9
11	75	98	19	28	11,7	13,1
					Ø = 13,7	Ø = 15,6

In der Tabelle 40 ist zunächst zu erkennen, daß die tatsächlich gemessenen Fluxwerte zwischen 8,8 und 17,0 l/m²*h starken Schwankungen unterlagen. Bei der Temperaturkorrektur auf 25 °C nähern sich die Fluxraten dem Mittelwert von 15,6 l/m²*h. Unterschiedliche Anfangsmostgewichte und Anreicherungsspannen bewirkten jedoch auch bei dem korrigierten Fluxwerten, Schwankungen zwischen 12,4 und 18,6 l/m²*h. Die relativ niedrigen Fluxraten der Vergleiche Nr. 5, und 11 können vermutlich auf den, gegen Ende der Konzentrierung beobachteten Weinsteinausfall und damit auf eine Verblockung der Membranporen zurückgeführt werden. Zum Schutz der Hochdruckpumpe und der Membran sollte bei hohen Säure- und Kaliumwerten daher die ohnehin erforderliche Entsäuerung bereits vor der Konzentrierung erfolgen.

Durch eine entsprechende Regulierung der Prozeßtemperatur auf ein Niveau von 25° C, die mittels eines Wärmeaustauschers zu realisieren wäre, könnte die Fluxleistung um ca. 2 l/m²*h gesteigert werden (siehe Tab. 40).

Bei der späteren betriebswirtschaftlichen Betrachtung wurden jedoch die Kosten eines Wärmetauschers nicht berücksichtigt. Für die Auslegung der Umkehrosroseanlagen bei der Kostenberechnung wurde daher eine mittlere realisierbare Fluxleistung von 12 l/m²*h angenommen.

5.7 Betriebswirtschaftliche Untersuchungen

5.7.1 Kostenvergleich bei einer Alkoholerhöhung von 9 auf 12 % vol

Zunächst wurde bei der Kalkulation der Kosten (DM/hl angereicherter Most) von einer mittleren Anreicherungsspanne (von 9 auf 12 % vol) ausgegangen. Unter den in Kap. 2.42 zugrundegelegten Bedingungen ergeben sich bei dieser Anreicherungsspanne die in Tabelle 58 angegebenen Verarbeitungshöchstmengen. Die Kosten der UO-Anreicherung wurden den Kosten der konventionellen Saccharoseanreicherung gegenübergestellt, wobei die Gesamtstückkosten lediglich die Kosten des jeweiligen Anreicherungsverfahrens darstellen. Während sich das Gesamtvolumen des anzureichernden Mostes durch die Saccharoseanreicherung erhöht, wird es bei der Konzentrierung durch UO um die abzutrennende Permeatmenge geringer. Bei der Ermittlung der Nettokosten wurden, neben den Gesamtkosten der beiden Anreicherungsverfahren, diese Volumenveränderungen auf der Basis verschiedener Marktpreise in den Vergleich mit einbezogen.

Bei der Anreicherung von 9 auf 12 % vol beträgt die Volumenerhöhung bei der Zuckering beispielsweise 3,6 %, während sich bei gleicher Anreicherung durch UO das Volumen um 25 % reduziert. Somit wirkt sich die Volumenänderung bei der Zuckering positiv auf das Endergebnis aus, da 3,6 % mehr Most zum Verkauf zur Verfügung steht. Bei der UO-Anreicherung wird die Ausgangsmostmenge um 25 % reduziert. Diese Verringerung der Mostmenge muß den eigentlichen Verfahrenskosten der UO hinzugerechnet werden. Die Nettokosten beinhalten daher sowohl den Kostenanteil des Verfahrens, als auch den durch die Volumenänderung hervorgerufenen Preiseffekt.

Um zu zeigen, wie sich die Nettokosten der Anreicherung bei verschiedenen Mostpreisen verhalten, wurde die Berechnung anhand von jeweils drei Preisniveaus (120, 200 und 300 DM/hl) durchgeführt.

In Tabelle 41 ist zunächst zu erkennen, daß die Anreicherungskosten der UO für einen Betrieb mit etwa 7 ha Ertragsreiblefläche mit 25,62 DM/hl, über denen der Saccharoseanreicherung (13,05 DM/hl) liegen. Jedoch sinken sie bei einer Betriebsgröße von 30 ha bereits deutlich ab und liegen mit 9,92 DM/hl gegenüber den Anreicherungskosten der Zuckering (12,03 DM/hl) um 2,11 DM/hl niedriger. Im Kellereibetrieb verursacht die Anreicherung mit UO (Anlagengröße C) Gesamtkosten von 2,82 DM/hl, die damit 7,10 DM/hl unter den Kosten der Saccharoseanreicherung (9,92 DM/hl) liegen.

Die Volumenerhöhung von 3,6 % durch den Zuckerzusatz bewirkt bei der Saccharoseanreicherung eine Reduzierung dieser Kosten, die bei den angenommenen Marktpreisen (120, 200 und 300 DM/hl) 4,32 DM/hl, 7,20 DM/hl und 10,80 DM/hl beträgt. Dieser Preiseffekt führt in einer Kellerei bei einem Preisniveau von 300 DM/hl sogar dazu, daß die Anreicherungskosten durch die Volumenerhöhung voll zurückfließen und die Nettokosten ein negatives Vorzeichen haben, d.h. einen Gewinn von 0,88 DM/hl darstellen (siehe Tab. 41).

Umgekehrt wirkt sich die Volumenreduzierung und der damit verbundenen Preiseffekt bei der UO-Anreicherung aus. Um die reinen Nettokosten zu erhalten, müssen zu den Kosten des Anreicherungsverfahrens bei den verschiedenen Preisniveaus (120, 200 und 300 DM/hl) 30, 50 bzw. 75 DM/hl hinzugerechnet werden, da dem Betrieb eben 25 % weniger Most zum Verkauf oder zur Verarbeitung zur Verfügung steht.

Bei der Betrachtung der tatsächlichen Nettokosten wird dann ein wesentlich größerer Kostenunterschied zwischen der Saccharoseanreicherung und der UO-Anreicherung deutlich. Bei einem Preisniveau von 120 DM/hl liegen somit die Nettokosten der UO-Anreicherung in Abhängigkeit der Betriebsgröße bzw. Verarbeitungsmenge 5,8 bis 6,3 mal höher als die der Saccharoseanreicherung.

Bei einem Preisniveau von 300 DM/hl wirkt sich die Volumenerhöhung bei der Saccharoseanreicherung positiv auf die Nettokosten aus, während bei der UO-Anreicherung den reinen Anreicherungskosten durch die Volumenminderung von 25 % immerhin 75 DM/hl hinzugerechnet werden müssen. Der Erlös würde sich in diesem Fall bei den Verarbeitungsmengen 480 hl, 2020 hl und 32300 hl um 100,62 DM/hl, 84,92 DM/hl und 77,82 DM/hl verringern.

Hieraus wird sehr deutlich, daß weniger die Kosten des Umkehrosmoseverfahrens selbst, als vielmehr der daraus resultierende Mengenverlust die Anreicherung mittels UO gegenüber der Saccharoseanreicherung unwirtschaftlich werden läßt.

Tab. 41: Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- und Umkehrosmoseanreicherung
Anreicherung um 3 % vol / von 9 auf 12 % vol

VERFAHREN	SACCHAROSE			UMKEHROSMOSE		
	Weingut		Kellerei	Weingut		Kellerei
Anlagen- bzw. Betriebsgröße	7 ha	30 ha	485 ha	A	B	C
Anfangsmostmenge in hl/Jahr	480	2 020	32 300	480	2 020	32 300
<u>Feste Kosten (DM/hl)</u>						
AfA (Nutzdauer 10 Jahre)	-	-	0,07	7,40	3,24	1,01
kalk. Zinsen 7 %	-	-	-	2,60	1,13	0,38
Wartung u. Rep. 1,5 % v. A.	-	-	-	1,11	0,50	0,16
Σ feste Kosten	-	-	0,07	11,11	4,87	1,55
<u>Variable Kosten (DM/hl)</u>						
Personalkosten	3,24	2,24	0,05	6,25	1,5	0,09
Energiekosten	0,12	0,07	-	0,38	0,14	0,07
Wasserkosten	-	-	-	0,05	0,05	0,02
Ersatzkosten f. Membranen	-	-	-	1,02	0,68	0,35
Chemikalien	-	-	-	0,41	0,20	0,04
Zuckerkosten	10,16	10,16	10,16	-	-	-
Σ variable Kosten	13,52	12,47	10,21	8,11	2,57	0,57
GESAMTKOSTEN (DM/HL) (bezogen auf d. Anfangsmenge)	13,52	12,47	10,28	19,22	7,44	2,12
Volumenveränderung	Volumenerhöhung 3,6 %			Volumenminderung 25 %		
Endvolumen	497	2092	33 462	360	1515	24 225
GESAMTKOSTEN (DM/HL) (bezogen auf die Endmenge)	13,05	12,03	9,92	25,62	9,92	2,82
Preiseffekt						
bei 120 DM/hl	-4,32	-4,32	-4,32	+30,00	+30,00	+30,00
bei 200 DM/hl	-7,20	-7,20	-7,20	+50,00	+50,00	+50,00
bei 300 DM/hl	-10,80	-10,80	-10,80	+75,00	+75,00	+75,00
NETTOKOSTEN						
bei 120 DM/hl	8,73	7,71	5,60	55,62	39,92	32,82
bei 200 DM/hl	5,85	4,83	2,72	75,62	59,92	52,82
bei 300 DM/hl	2,25	1,23	-0,88	100,62	84,92	77,82

5.7.2 Kostenvergleich bei einer Alkoholerhöhung von 8 auf 11 % vol bzw. von 7 auf 10 % vol

Um zu verdeutlichen wie sich die Kostenstrukturen verändern, wenn das Niveau der Anreicherung eines Betriebes im Durchschnitt nicht bei 9 bis 12 % vol sondern bei 8 bis 11 % vol oder bei nur 7 bis 10 % vol liegt, wurden zwei weitere Vergleiche (Tab. 42 und Tab. 43) angestellt.

Wie in Kap. 4.4.2 bereits gezeigt wurde, wirkt sich eine Veränderung des Anreicherungs-niveaus in zweierlei Hinsicht aus. Der erforderliche Zeitaufwand, um eine bestimmte Mostmenge mit UO anzureichern wird geringer, wodurch sich die maximalen Verarbeitungsmengen erhöhen, da in niedrigeren Mostgewichtsbereichen höhere Fluxraten erzielt werden können. Um eine Alkoholerhöhung von 3 % vol zu erzielen, müssen jedoch bei niedrigeren Anreicherungs-niveaus größere Permeatmengen abgetrennt werden.

In den Tabellen 42 und 43 weichen daher die Verarbeitungsmengen der Anlagengrößen A, B und C nach oben ab.

Die Stück- und Nettokosten der Saccharoseanreicherung haben auch bei den erhöhten Verarbeitungsmengen noch Gültigkeit, da sich die Gesamtstückkosten mit Ausnahme der geringen Abschreibungskosten, die im Kellereibetrieb kalkuliert wurden, rein aus variablen Kosten zusammensetzen. Auch bei einer entsprechenden Erhöhung der Verarbeitungsmengen können somit die Kosten der Saccharoseanreicherung als konstant angenommen werden.

Zunächst kann festgehalten werden, daß sich die Gesamtstückkosten der UO bei niedrigeren Alkoholbereichen durch die ansteigenden Verarbeitungskapazitäten verringern. Diese Kosteneinsparungen sind allerdings bezogen auf die Nettokosten vergleichsweise gering. Wesentlich stärker wirken sich die abzutrennenden Permeatmengen aus, die bei einer Anreicherung von 8 auf 11 % vol 27,5 % und bei der Anreicherungs-spanne 7 bis 10 % vol sogar 30 % betragen. Durch diese starke Verringerung des Ausgangsmostvolumens kommt es zu immer höheren Nettokosten und damit zur Schmälerung der Erlöse. Bei einer Anreicherung von 7 auf 10 % vol und Marktpreisen von 120 DM/hl, 200 DM/hl bzw. 300 DM/hl müssen nunmehr allein durch die Mengenverluste der UO-Anreicherung 36 DM/hl, 60 DM/hl bzw. 90 DM/hl einkalkuliert werden.

Tab. 42: Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- und Umkehrosmoseanreicherung
Anreicherung um 3 % vol / von 8 auf 11 % vol

VERFAHREN	SACCHAROSE			UMKEHROSMOSE		
	Weingut		Kellerei	Weingut		Kellerei
Anlagen- bzw. Betriebsgröße	7 ha	30 ha	485 ha	A	B	C
Anfangsmostmenge in hl/Jahr	505	2 120	33 970	505	2 120	33 970
<u>Feste Kosten (DM/hl)</u>						
AfA (Nutzdauer 10 Jahre)	-	-	0,07	7,03	3,09	1,05
kalk. Zinsen 7 %	-	-	-	2,46	1,08	0,37
Wartung u. Rep. 1,5 % v. A.	-	-	-	1,05	0,46	0,16
Σ feste Kosten	-	-	0,07	10,54	4,63	1,58
<u>Variable Kosten (DM/hl)</u>						
Personalkosten	3,24	2,24	0,04	5,90	1,42	0,09
Energiekosten	0,12	0,07	-	0,36	0,14	0,06
Wasserkosten	-	-	-	0,05	0,05	0,02
Ersatzkosten f. Membranen	-	-	-	0,97	0,65	0,33
Chemikalien	-	-	-	0,40	0,19	0,04
Zuckerkosten	10,16	10,16	10,16	-	-	-
Σ variable Kosten	13,52	12,47	10,21	7,68	2,45	0,54
GESAMTKOSTEN (DM/HL) (bezogen auf d. Anfangsmenge)	13,52	12,47	10,28	18,22	7,08	2,12
Volumenveränderung	Volumenerhöhung 3,6 %			Volumenminderung 27,3 %		
Endvolumen	497	2092	33 462	367	1547	24 795
GESAMTKOSTEN (DM/HL) (bezogen auf die Endmenge)	13,05	12,03	9,92	25,06	9,74	2,92
Preiseffekt						
bei 120 DM/hl	-4,32	-4,32	-4,32	+33,76	+33,76	+33,76
bei 200 DM/hl	-7,20	-7,20	-7,20	+54,60	+54,60	+54,60
bei 300 DM/hl	-10,80	-10,80	-10,80	+81,90	+81,90	+81,90
NETTOKOSTEN						
bei 120 DM/hl	8,73	7,71	5,60	58,82	43,50	36,68
bei 200 DM/hl	5,85	4,83	2,72	79,66	64,34	57,52
bei 300 DM/hl	2,25	1,23	-0,88	106,96	91,64	84,82

Tab. 43: Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- Umkehrosmoseanreicherung
Anreicherung um 3 % vol / von 7 auf 10 % vol

VERFAHREN	SACCHAROSE			UMKEHROSMOSE		
	Weingut		Kellerei	Weingut		Kellerei
Anlagen- bzw. Betriebsgröße	7 ha	30 ha	485 ha	A	B	C
Anfangsmostmenge in hl/Jahr	567	2 380	38 080	567	2 380	38 080
<u>Feste Kosten (DM/hl)</u>						
AfA (Nutzdauer 10 Jahre)	-	-	0,07	6,26	2,75	0,93
kalk. Zinsen 7 %	-	-	-	2,19	0,96	0,33
Wartung u. Rep. 1,5 % v. A.	-	-	-	0,94	0,41	0,14
Σ feste Kosten	-	-	0,07	9,39	4,12	1,40
<u>Variable Kosten (DM/hl)</u>						
Personalkosten	3,24	2,24	0,04	5,29	1,26	0,08
Energiekosten	0,12	0,07	-	0,32	0,12	0,06
Wasserkosten	-	-	-	0,04	0,04	0,02
Ersatzkosten f. Membranen	-	-	-	0,86	0,58	0,30
Chemikalien	-	-	-	0,35	0,17	0,03
Zuckerkosten	10,16	10,16	10,16	-	-	-
Σ variable Kosten	13,52	12,47	10,21	7,68	2,45	0,54
GESAMTKOSTEN (DM/HL)						
(bezogen auf d. Anfangsmenge)	13,52	12,47	10,28	16,25	6,29	1,89
Volumenveränderung						
	Volumenerhöhung 3,6 %			Volumenminderung 30 %		
Endvolumen	497	2092	33 462	397	1666	26 656
GESAMTKOSTEN (DM/HL)						
(bezogen auf die Endmenge)	13,05	12,03	9,92	23,21	8,99	2,70
Preiseffekt						
bei 120 DM/hl	-4,32	-4,32	-4,32	+36,00	+36,00	+36,00
bei 200 DM/hl	-7,20	-7,20	-7,20	+60,00	+60,00	+60,00
bei 300 DM/hl	-10,80	-10,80	-10,80	+90,00	+90,00	+90,00
NETTOKOSTEN						
bei 120 DM/hl	8,73	7,71	5,60	61,06	45,74	38,92
bei 200 DM/hl	5,85	4,83	2,72	85,06	69,74	62,92
bei 300 DM/hl	2,25	1,23	-0,88	115,06	99,74	92,92

Aus den Tab. 41 bis 43 ist zu erkennen, daß die Gesamtstückkosten der UO-Anreicherung bei kleineren Verarbeitungsmengen bzw. Betriebsgrößen geringfügig höher sind als die der Saccharoseanreicherung. Bei einer Verarbeitungsmenge von ca. 2000 hl/Jahr liegen die Kosten der UO-Anreicherung jedoch bereits ca. 50 % unter denen der Saccharoseanreicherung. Erst wenn die Mengenverluste der UO-Anreicherung in die Berechnung mit einbezogen werden, wird die starke Kostenbelastung der UO- gegenüber der Saccharoseanreicherung deutlich. Je größer die durch die abzutrennenden Permeatmengen vorgegebenen Mengenverluste und je höher der Marktpreis, desto höher die Nettokostenbelastung der UO-Anreicherung.

Sobald jedoch sowohl die Anreicherungsspanne als auch die erzielbaren Marktpreise geringer werden, verringern sich die Kostenunterschiede der beiden Anreicherungsverfahren. In der Tab. 61 soll dies deutlich gemacht werden.

5.7.3 Kostenvergleich bei einer Alkoholerhöhung von 10 auf 11,5 % vol

In südeuropäischen Ländern kann in der Regel von höheren Mostgewichten und somit auch von niedrigeren Anreicherungsspannen ausgegangen werden. Um die Auswirkungen auf die Kosten auch für Tafelweingebiete zu verdeutlichen, wurden daher in der Tabelle 44 die Stück- und Nettokosten bei einer Anreicherungsspanne von nur 1,5 % vol in dem Bereich von 10 auf 11,5 % vol und zusätzlich bei Marktpreisen von nur 60 DM/hl gegenübergestellt.

Wie in der Tabelle zu sehen ist, bewirkt die Zuckering bei der kleinen Anreicherungsspanne von 1,5 % vol (Alkoholerhöhung von 10 auf 11,5 % vol) und einem niedrigen Marktpreis von 60 DM/hl nur einen geringen Preisvorteil von 1,08 DM/hl. Bei der UO-Anreicherung ist der Mengenverlust mit 13 % wesentlich geringer und verursacht daher mit 7,80 DM/hl deutlich geringere Kosten als in den vorangegangenen Beispielen. Die Differenz zwischen den Nettokosten der beiden Anreicherungsverfahren wird dadurch geringer, d.h. die UO-Anreicherung wird gegenüber der Saccharoseanreicherung attraktiver.

Tab. 44: Wirtschaftlichkeitsberechnung der Saccharose- und Umkehrosmoseanreicherung
Anreicherung um 1,5 % vol / von 10 auf 11,5 % vol

VERFAHREN	SACCHAROSE			UMKEHROSMOSE		
	Weingut		Kellerei	Weingut		Kellerei
Anlagen- bzw. Betriebsgröße	7 ha	30 ha	485 ha	A	B	C
Anfangsmostmenge in hl/Jahr	877	3 680	59 000	877	3 680	59 000
<u>Feste Kosten (DM/hl)</u>						
AfA (Nutzdauer 10 Jahre)	-	-	0,07	4,05	1,78	0,60
kalk. Zinsen 7 %	-	-	-	1,42	0,63	0,21
Wartung u. Rep. 1,5 % v. A.	-	-	-	0,61	0,27	0,09
Σ feste Kosten	-	-	0,07	6,08	2,68	0,90
<u>Variable Kosten (DM/hl)</u>						
Personalkosten	3,24	2,24	0,04	3,42	0,82	0,05
Energiekosten	0,12	0,07	-	0,21	0,08	0,04
Wasserkosten	-	-	-	0,03	0,03	0,01
Ersatzkosten f. Membranen	-	-	-	0,56	0,38	0,19
Chemikalien	-	-	-	0,23	0,11	0,02
Zuckerkosten	5,10	5,10	5,10	-	-	-
Σ variable Kosten	8,46	7,41	5,14	4,27	1,42	0,31
GESAMTKOSTEN (DM/HL)						
(bezogen auf d. Anfangsmenge)	8,46	7,41	5,21	10,35	4,10	1,21
Volumenveränderung						
	Volumenerhöhung 1,8 %			Volumenminderung 13 %		
Endvolumen	892	3 736	60 062	763	3 201	51 330
GESAMTKOSTEN (DM/HL)						
(bezogen auf die Endmenge)	8,31	7,28	5,12	11,90	4,71	1,39
Preiseffekt						
bei 60 DM/hl	-1,08	-1,08	-1,08	+7,80	+7,80	+7,80
bei 120 DM/hl	-2,16	-2,16	-2,16	+15,60	+15,60	+15,60
bei 200 DM/hl	-3,60	-3,60	-3,60	+26,00	+26,00	+26,00
bei 300 DM/hl	-5,40	-5,40	-5,40	+39,00	+39,00	+39,00
NETTOKOSTEN						
bei 60 DM/hl	7,23	6,20	4,04	19,70	12,51	9,19
bei 120 DM/hl	6,15	5,12	2,96	27,50	20,31	16,99
bei 200 DM/hl	4,71	3,68	1,52	37,90	30,71	27,39
bei 300 DM/hl	2,91	1,88	-0,28	50,90	43,71	40,39

6 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Über einen Zeitraum von drei Jahren (1993 bis 1995) wurden zur Untersuchung der Umkehrosmose als alternatives Anreicherungsverfahren mit Rot- und Weißmosten verschiedener Rebsorten und Herkunft vergleichende Versuche durchgeführt.

Dabei wurde zum einen untersucht, welche technologischen Rahmenbedingungen bei der Anreicherung von Traubenmost mittels Umkehrosmose zu erfüllen sind.

Durch die Verwendung von Membranen verschiedener Trenngrenzen konnte eine Aussage getroffen werden, welche Membranen für die Umkehrosmoseanreicherung geeignet sind. Analytische Untersuchungen der wichtigsten Most- und Weininhaltsstoffe zeigten die Auswirkungen auf die Weinzusammensetzung auf.

Durch eine umfassende sensorische Gegenüberstellung der Versuchsweine konnte der Einfluß der Umkehrosmoseanreicherung auf die organoleptische Weinqualität ermittelt werden.

Weiterhin konnte nach einer Untersuchung der Einflußfaktoren auf die Leistungsdaten der Umkehrosmose eine Kostenkalkulation erstellt werden, wodurch eine Kostenvergleichsrechnung zwischen der konventionellen Saccharoseanreicherung und der Konzentrierung durch Umkehrosmose möglich war.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen diskutiert.

Vorab ist jedoch zu erwähnen, daß sich die folgenden Aussagen lediglich auf die Verwendung von Spiralwickelmodulen beschränken, da für die durchgeführten Versuche nur diese zur Verfügung standen. Während bei Plattenrahmenmodulen ähnliche Rahmendbedingungen bezüglich der Vorklärung der Moste und der Anlagenkosten zu erwarten sind, können die ermittelten Ergebnisse beispielsweise nicht ohne weiteres auf Röhrenmodule übertragen werden.

6.1 Beurteilung der technischen Untersuchung

Da Spiralwickelmodule aufgrund des geringen Strömungsquerschnittes nicht geeignet sind stark trubbelastete Moste zu verarbeiten, ist auf die **Vorklärung** vor der Umkehrosmoseanreicherung ein besonderes Augenmerk zu legen. Aufgrund der geringen Versuchsmengen war eine differenzierte Vorklärung technisch nicht realisierbar. Daher wurden die Moste generell vor der Anreicherung mit einem Mikrofilter (0,45 µm) vorgeklärt.

Ein Anreicherungsversuch mit einem italienischen Muskateller hat jedoch gezeigt, daß bei einer weniger scharfen Vorklärung (Separation und Filtration mit Tiefenfilterkerze 20 µm) die Fluxleistung gegenüber der Anreicherung mikrofiltrierter (0,45 µm) Moste um nur 25 % niedriger lag. Somit kann bezüglich der erforderlichen Vorklärung folgende Aussage gemacht werden:

Generell ist es erforderlich, den Most vor der UO von groben Partikeln zu befreien, um eine Verstopfung der Strömungskanäle innerhalb des Spiralwickelmoduls zu vermeiden. Durch lange Absetzzeiten bzw. Separation und anschließende Tiefen- oder Kieselgurfiltration im Trennbereich $< 20 \mu\text{m}$ ist es möglich einen für die UO-Anreicherung ausreichenden Klärgrad zu erreichen. Eine weitere Trubentfernung durch z.B. Cross-Flow-Filtration bewirkt zunehmend bessere Fluxraten bei der UO-Anreicherung und wirkt sich somit positiv auf die Wirtschaftlichkeit einer UO-Anlage aus.

Allgemein ist die Anreicherung mittels Umkehrosmose, bedingt durch die erforderliche Vorklärung, sowohl mit einem erhöhten Arbeitsaufwand als auch mit einem höheren technischen Aufwand (Separator, Kieselgurfilter, Cross-Flow-Filter) als die Saccharoseanreicherung verbunden.

Bei der **Vergärung** der Versuchsmoste zeigte sich folgendes Bild:

Die scharfe Vorklärung bewirkt eine Verringerung der inneren Oberfläche der Moste. Im ersten Versuchsjahr (1993er Moste) zeigten sich erhebliche Gärprobleme. Neben der geringen inneren Oberfläche waren diese jedoch vermutlich auch auf die vorangegangene Stumm- und Entschwefelung zurückzuführen. (Abreicherung an Hefenährstoffen und erhöhte Restschwefelgehalte). Die Gärdauer dieser Moste war daher mit ca. drei Monaten extrem lange. Die Vergärung der 1994er Versuchsmoste zeigte jedoch, daß bei der Verarbeitung von Frischmosten und bei erhöhtem Zusatz von Reinzuchthefer (25 g/hl) und Hefenährsalz (30g/hl) den Gär Schwierigkeiten entgegen gewirkt werden kann. Trotz einer relativ hohen Gärtemperatur von $19 \text{ }^\circ\text{C}$ verlief allerdings auch in diesem Jahr die Gärung innerhalb von 3 Wochen noch langsam und zögernd ab. Nachdem im Versuchsjahr 1995 den Mosten vor der Gärung neben den oben genannten Mengen Reinzuchthefer und Hefenährsalz, zur Vergrößerung der inneren Oberfläche zusätzlich Bentonitmengen von 20 g/hl zugesetzt wurden, zeigte die Gärung innerhalb von 1 bis 2 Wochen einen normalen Verlauf.

Die Gärprobleme in den beiden ersten Versuchsjahren sind bei allen Versuchsvarianten gleichermaßen aufgetreten und können demnach nicht auf das Anreicherungsverfahren, sondern vielmehr auf die, bei allen Varianten gleichmäßig durchgeführte, scharfe Vorklärung zurückgeführt werden. Bei einer weniger extremen Trubabtrennung in Bereichen um $5 \mu\text{m}$ Porenweite (= Herstellerempfehlung für Membranen mit ca. 100 Dalton Trenngrenze) ist nicht mit derartigen Gär Schwierigkeiten zu rechnen. Generell muß jedoch aufgrund der erforderlichen Trubreduzierung bei der Anwendung der UO-Anreicherung der Gärung besondere Beachtung geschenkt und gegebenenfalls mit den genannten Maßnahmen entsprechend Abhilfe geschaffen werden.

Bei der Anreicherung mit Membranverfahren reichern sich neben Zucker auch die Extraktstoffe an. Die Berechnung des potentiellen Alkoholgehaltes des konzentrierten Mostes aus der Dichte (Mostgewicht) birgt aufgrund der Extrakterhöhung Fehlerquellen. Um eine Über- bzw. Unteranreicherung zu vermeiden ist daher die Bestimmung des Zuckergehaltes erforderlich.

Die Untersuchung der Einflußfaktoren auf die Fluxleistung bei der Mostkonzentrierung wurde auf das Versuchsjahr 1995 beschränkt. Die Anlagen der Jahre 1993 und 1994 waren nur für Maximaldrücke von 45 bar ausgelegt und damit nicht speziell für den wirtschaftlichen Einsatz der Mostkonzentrierung geeignet.

Es wurden hierbei die Einflußfaktoren Temperatur, Druck und Mostgewicht auf die Fluxleistung einer Umkehrosiose- (UO) und einer Nanofiltrationsmembran (NF) untersucht. Die NF-Membran war ebenfalls nur für Drücke bis max. 45 bar geeignet, weshalb die Ergebnisse hier nicht weiter diskutiert werden sollen.

Mit steigender **Temperatur** des Produktes läßt sich bei der UO eine fast lineare Steigerung der Fluxleistung erzielen, die (im Temperaturbereich zwischen 10 und 50 °C) pro 1 °C etwa 1,45 l/m²*h oder durchschnittlich 2,84 % beträgt. Für die Praxis der Mostkonzentrierung bedeutet dies, daß eine Mosterwärmung und anschließende Rückkühlung auf Gärtemperatur ein geeignetes Mittel zur Optimierung der Fluxleistung und damit zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit darstellt.

Ebenso verhält es sich bei der Betrachtung des **Transmembrandruckes**. Im Meßbereich zwischen 30 und 70 bar steigt auch hier der Permeatflux linear pro 1 bar Druckerhöhung um 0,5 l/m²*h bzw. um durchschnittlich 1,12 % an. Eine abnehmende Fluxsteigerung im oberen Druckbereich aufgrund der Kompaktion der Membranoberfläche und damit einer Porenverengung, wie sie bei WUCHERPFENNIG und NEUBERT (1977) festgestellt wurde, konnte nicht nachgewiesen werden. Für die praktische Anwendung der UO-Anreicherung ist daher die Verwendung von Membranen mit möglichst hoher Druckverträglichkeit und die Konzentrierung bei möglichst hohen Drücken zu empfehlen. Allerdings sind die Kosten solcher Membranen und die erforderliche Energie für eine derartige Druckeinwirkung (Pumpenenergie) dem betriebswirtschaftlichen Nutzen einer entsprechend höheren Permeatleistung in Relation zu setzen.

Das **Mostgewicht** des zu konzentrierenden Mostes hat einen wesentlichen Einfluß auf die Fluxleistung. Während bei 70 bar Druck, 25 °C und 60 °Oe noch Permeatleistungen von 22 l/m²·h zu erreichen sind, fällt der Flux bei steigendem Mostgewicht rapide ab. Bei einem Mostgewicht von 130 °Oe war, unter den oben genannten Bedingungen, der Flux auf nur noch 1,9 l/m²·h abgefallen. Für die praktische Anwendung der UO-Anreicherung hat dies besonders im Hinblick auf die Anreicherung von Rotmosten eine große Bedeutung, sofern diese nicht wie in den eigenen Versuchen nach einer Maischeerhitzung und anschließender Kelterung erfolgt. In französischen Arbeiten (BERGER 1992) wird die Anreicherung von Rotmosten in Form einer Teilmostkonzentrierung beschrieben. Hierzu wird die Rotmaische teilweise entsaftet und der Teilmost auf das 2,5fache des Ausgangszuckergehaltes angereichert, um dann der Maische zur Gärung wieder zugesetzt zu werden. Die Teilmostmenge muß bei dieser Verfahrensweise jedoch auf ca. 450 g/l Zucker angereichert werden, um den gewünschten Alkoholgehalt im fertigen Wein zu erhalten. Um derartige Zuckerkonzentrationen zu erreichen, sind Drücke um 120 bar und damit andere Modulformen (z.B. Hohlfaser- oder Röhrenmodule) erforderlich, was das Verfahren insgesamt verteuert. Die vorgestellte UO-Anreicherung mittels Spiralwickelmodulen ist für eine derartige Anreicherung von Rotmosten daher nicht geeignet.

Aufgrund der erforderlichen Vorklärung der Moste bei der Verwendung von Spiralwickelmodulen, ist die Neigung zur Deckschichtbildung bei den Mosten nur gering. Daher hat die **Überströmung** nur einen geringen Einfluß auf die Fluxleistung bei der UO-Anreicherung. Der erforderliche Einspeisefluß ist bei Spiralwickelmodulen allgemein gering und kann durch die Installation entsprechender Kreislaufpumpen problemlos gewährleistet werden.

6.2 Beurteilung der analytischen Untersuchung

Im Rahmen der Versuche wurden Membranen mit unterschiedlichen Rückhalteeigenschaften untersucht. Dabei hat sich gezeigt, daß die Angaben zur Trennleistung von Membranen verschiedener Herstellerfirmen nur unzureichend standardisiert sind. Die Angaben zum Salzurückhaltevermögen werden oft unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen ermittelt und lassen nur bedingt eine Prognose zur Eignung für die Mostanreicherung zu. Ebenso sind die häufig zu findenden Angaben zur Trennleistung in Molekulargewichtseinheiten nur nominelle Größen.

Bei der Konzentrierung von 93er Traubenmosten der Sorten Riesling und Müller-Thurgau mit einer Membran der nominellen Trenngrenze von 65 Dalton (= Salzurückhaltung 99,4 % NaCl bei 56 bar / 30 g/l NaCl) hat sich gezeigt, daß alle Inhaltsstoffe des Mosten zu >99,5 %

zurückgehalten, und damit entsprechend der Permeatwasserabtrennung aufkonzentriert werden. Die vollständige Rückhaltung der Säuren zeigte, daß der Porendurchmesser dieser Membran kleiner als erwünscht war, da speziell für die Anreicherung unreifer deutscher Moste ein möglichst hoher Säuredurchgang bei gleichzeitiger Zuckerrückhaltung wünschenswert ist.

Eine Membran mit einer nominellen Trenngrenze von 250 Dalton (= Salzurückhaltung 99 % NaCl bei 3,5 bar / 0,5 mg/l NaCl) zeigte dagegen bereits große Verluste an Zucker und Extraktstoffen. Der mittlere Zuckerverlust lag hier bei 16,9 g/l (= 1,9 %). Die geringe Erhöhung der Gesamtsäure um durchschnittlich 0,65 g/l ist zwar positiv zu bewerten, jedoch kann der hohe Zuckerverlust nicht mehr toleriert werden, so daß diese Membran für die Mostanreicherung nicht empfohlen werden kann.

Die beste Eignung für die Mostkonzentrierung stellte sich bei der Membran mit einer Trenngrenze von 100 Dalton (= Salzurückhaltung 99,7 % bei 10 bar / 1,5 g/l NaCl) heraus. Der mittlere **Zuckerverlust** von 5,7 g/l (= 0,6 %) war bei dieser Membran durchaus vertretbar. Allerdings zeigte auch diese Membran eine hohe Rückhaltung gegenüber den **Säuren**, wodurch sich die Gesamtsäurewerte der Moste im Mittel um 1,7 g/l erhöhten.

Durch die gleichzeitige Anreicherung der Mineralstoffe und vor allem von Kalium neigen die durch UO angereicherten Weine stärker zur Bildung von Weinstinkristallen. Die Gesamtsäureerhöhung in den Mosten wird bei der Betrachtung der Weinanalysen dadurch teilweise wieder kompensiert. Sofern eine Entsäuerung der durch UO angereicherten Moste nicht erforderlich ist, verbessert sich das Verhältnis zwischen **Wein- und Äpfelsäure**, da die Äpfelsäure die UO-Membran quantitativ etwas stärker durchdringt als die Weinsäure.

Zur Veranschaulichung der Erhöhung von **zuckerfreiem Extrakt** und **Restextrakt** eignen sich besonders die Analysenergebnisse der unbehandelten Versuchsweine des Jahrgangs 1993, da bei allen anderen Weinen zur geschmacklichen Harmonisierung eine Entsäuerung vorgenommen und dadurch die Extraktgehalte beeinträchtigt wurden.

Bei der UO-Anreicherung mit der 100-Dalton-Membran erfuhren die Weine eine deutliche Erhöhung der zuckerfreien Extraktwerte um 3 g/l. Ebenso erhöhten sich die Restextraktgehalte im Mittel um immerhin 2,3 g/l gegenüber den Saccharosevarianten.

Durch die Erhöhung der **Mineralstoffe** steigt die Pufferungskapazität der Moste und Weine, so daß trotz höherer Säuregehalte die UO Varianten gegenüber den Saccharosevarianten kaum Veränderungen der pH-Werte aufweisen. Während die Rückhaltung der Mineralstoffe Natrium, Kalium und Calcium bei den 100-Dalton-Membranen in den einzelnen Versuchsjahren geringfügige Schwankungen zeigten, lag die Rückhaltung von Magnesium relativ konstant bei 0,5 %. Die Magnesiumveränderung folgte demnach sehr gut der

Umsetzung (= Permeatmenge / Ausgangsmostmenge in %). Zudem verändert sich Magnesium im Gegensatz zu Natrium, Kalium und Calcium, während des Weinausbaues nur unwesentlich und könnte somit möglicherweise als Indikator für die Konzentrierung herangezogen werden.

Ebenso wie die Mineralstoffe werden auch die **Metalle** Eisen, Kupfer, Zink und Blei mit der 100-Dalton-Membran fast vollständig zurückgehalten und damit aufkonzentriert.

Im Versuchsjahr 1994 hat sich gezeigt, daß bei hohen Ausgangsgehalten von Kupfer und Zink (gesetzliche Höchstwerte Cu = 2 mg/l und Zn = 5 mg/l), die UO-Anreicherung zur Überschreitung der zulässigen Höchstgrenzen führen kann. Speziell bei der Herstellung von zum Ausschank bestimmtem Traubensaft, könnten durch die Konzentrierung hier Probleme auftreten. Die zulässige Höchstgrenze für Blei (=250 µg/l) wurde in allen Mosten auch nach der UO-Anreicherung weit unterschritten.

Die Weinanalysen zeigten, daß Eisen, Kupfer und Blei während der Gärung eine starke Abreicherung erfuhren, wodurch die in den Mosten erhöhten Kupferwerte deutlich unter die zulässige Höchstgrenze erniedrigt wurden. Der Zinkgehalt hatte sich hingegen nur geringfügig verändert. In einem Vergleichsversuch (Nr. 5, 94er Portugieser) lag der Zinkgehalt des UO-Weines mit 4,63 mg/l nahe an der zulässigen Höchstgrenze von 5 mg/l. In dem konventionell angereicherten Vergleichswein wurden nur 3,25 mg/l Zink gefunden.

Bei der UO-Anreicherung von aus Maischeerhitzung hergestellten Rotmosten zeigte sich erwartungsgemäß eine vollständige Rückhaltung der **Farbstoffe**. Diese Farberhöhung ist auch in den ausgebauten Weinen festzustellen und stellt somit eine Qualitätsverbesserung dar.

Aufgrund der Molekülgröße phenolischer Verbindungen erfährt auch der **Gesamtphenolgehalt** eine 100 %ige Retention.

Die im Versuchsjahr 1995 mit der grobporigeren Nanofiltrationsmembran gemachten Anreicherungsversuche sollten zeigen, inwieweit es möglich ist eine, spezifischere Rückhaltung von Mostinhaltsstoffen zu erreichen.

Während die NF-Membran nur eine geringfügig höhere Metallpermeation zuließ, zeigte sich bei den Mineralstoffen (Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Chlorid und Phosphat) ein wesentlich stärkerer Stoffübergang in das Permeat und damit eine weniger starke Anreicherung dieser Stoffe im konzentrierten Most. Besonders gravierend war die starke Säurepermeation die etwa dreimal höher lag, als die der UO-Membran. Allerdings mußten in den Permeaten aus der NF-Anreicherung auch Zuckermengen von 10,5 g/l bzw. 12,0 g/l registriert werden, was bezogen auf die Ausgangsmengen Verluste von 1,4 % und 1,5 % bedeutete. Bei der Anreicherung von 1000 Liter QbA-Most würde dies bedeuten, daß mit dem Permeat ca. 2,6 kg Zucker verloren gingen. Inwieweit ein solcher Zuckerverlust noch

tolerierbar ist, muß in der Praxis sowohl von ökologischen als auch von ökonomischen Faktoren, die hier nicht näher untersucht wurden, abhängig gemacht werden

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß durch die UO-Anreicherung in Abhängigkeit von der Umsetzung, alle Inhaltsstoffe in gewissem Umfang beeinflußt werden.

Sollte die Umkehrosmoseanreicherung als neues oenologisches Verfahren zur Zulassung kommen, stellt sich für den Gesetzgeber natürlich die Frage, inwieweit sich der Einsatz kontrollieren bzw. nachweisen läßt. Wünschenswert wäre hierfür eine einfache und schnelle analytische Untersuchung des Endproduktes Wein.

Die Mostanreicherung mittels Umkehrosmose stellt eine Teilkonzentrierung dar, bei der das Ausmaß der Veränderung einzelner Inhaltsstoffe zunächst von dem Rückhaltevermögen der verwendeten Membran und weiterhin von der jeweils abgetrennten Permeatmenge abhängt.

Die Veränderungen der Mostinhaltsstoffe ist zunächst deutlicher als die der daraus hergestellten Weine. Fast alle Analysenparameter verändern sich im Verlaufe des weiteren Weinausbaus, sowie durch spezifische Most- und Weinbehandlungsmaßnahmen, in schwer kalkulierbarem Umfang. Für den Nachweis des UO-Einsatzes müssten zunächst Most- und Weininhaltsstoffe in Betracht gezogen werden, wie z.B. Restextrakt, Asche, Mineralstoffe usw., die im Verlauf des Weinausbaus eine gewisse Konstanz aufweisen.

Bei der UO-Anreicherung von 9 auf 12 % vol sind dem Most 25 % Permeat zu entziehen. Inhaltsstoffe, die einer vollständigen Rückhaltung durch die Membran unterliegen würden sich dabei um 33 % bzw. um den Faktor 1,33 erhöhen.

Erfahrungsgemäß unterliegen jedoch die Inhaltsstoffe natürlichen und ausbautechnisch bedingten Schwankungen, die in Abhängigkeit von Herkunft, Jahrgang, Ertrag, Rebsorte, Schönungsmaßnahmen u.a., den oben genannten Schwankungsbereich ohne weiteres überschreiten können. Ein Rückschluß auf den unerlaubten Einsatz der Umkehrosmose aus den üblichen analytischen Kennzahlen ist demnach kaum möglich. Nach derzeitigem Stand muß somit festgehalten werden, daß die Veränderungen einzelner Analysendaten keinen zweifelsfreien Rückschluß auf die Anwendung der Umkehrosmose zur Mostanreicherung zuläßt.

Denkbar wäre jedoch eine vollständige statistische Erfassung analytischer Parameter von Mosten und Weinen und die lückenlose Erstellung einer Datenbank. Über den Vergleich ausgewählter Analysenparameter und die Bildung von Verhältniszahlen könnte unter Umständen eine Kontrolle der UO-Anreicherung durchgeführt werden.

Noch wesentlich schwieriger wird sich der UO-Einsatz nachweisen lassen, wenn die Anreicherungsstärke nur sehr gering und damit auch die Beeinflussung der analytischen Kennzahlen entsprechend klein ist. Diese wäre z.B. dann der Fall wenn ein qualitativ

mittelwertiger Most (z.B. Kabinettmost mit 83° Oe) durch eine geringe UO-Konzentrierung um 10° Oe angereichert und damit in den Spätlesebereich angehoben würde.

6.3 Beurteilung der sensorischen Untersuchung

6.3.1 Sensorische Untersuchung der 1993er Versuchsweine

Die Verkostung der 93er Versuchsweine nach dem DLG-5-Punkte-Schema hat zunächst gezeigt, daß sowohl die durch Saccharose als auch die durch Umkehrosmose angereicherten Weine gegenüber den nicht angereicherten Kontrollvarianten eine Qualitätsverbesserung erfuhren.

Überraschend war, daß bei den beiden Rebsorten Riesling und Müller-Thurgau die nach der UO-Anreicherung unbehandelten Varianten nicht durch eine unharmonische Säure auffielen. Bei den 100-Dalton-Varianten hatten sich durch starke Weinsteinbildung die erhöhten Säurewerte der Moste stark verringert und lagen nur noch 0,9 bzw. 1,5 g/l über den Säuregehalten der entsprechenden Saccharosevarianten. Sie fielen somit, im Gegensatz zu den Ergebnissen von WUCHERPFENNIG (1977), nicht durch einen unharmonisch sauren Geschmack auf, sondern erhielten sechs Monate nach der Abfüllung mit durchschnittlich 2,49 sogar eine etwas bessere Qualitätszahl als die Saccharosevarianten, die eine mittlere Qualitätszahl von nur 2,35 bekamen.

Weder durch die Regulierung der Säuregehalte (Vergleiche Nr. 3 und Nr. 6), noch durch Entsäuerung bei gleichzeitiger Einstellung auf einen Restzuckergehalt von 9,5 g/l (Vergleiche Nr. 2 und Nr. 5), wurde dieses Resultat wesentlich beeinträchtigt.

In zwei Rangordnungsprüfungen, die sechs und zwölf Monate nach der Abfüllung durchgeführt wurden, konnte zwischen der Saccharoseanreicherung und der UO-Anreicherung (100-Dalton-Membran) keine signifikante Bevorzugung einer der Varianten festgestellt werden. Die Prüfer des Prüferpanels der Forschungsanstalt Geisenheim beurteilten somit die Qualität der Weine aus beiden Anreicherungsverfahren auch nach einem Jahr gleich.

6.3.2 Sensorische Untersuchung der 1994er Versuchsweine

Die Rangordnungsprüfungen der 94er Versuchsweine ergaben zunächst ein vom Vorjahr etwas abweichendes Ergebnis. Nach drei Monaten Lagerung wurden in drei von sieben Vergleichen die Saccharosevarianten besser bewertet als die UO-Varianten.

In den nachfolgend wiederholt durchgeführten Unterschiedsprüfungen (Dreieckstests), die nach 3, 6, 12 und 18 Monaten erfolgten, konnte dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigt werden. Die Prüfer waren zwar teilweise in der Lage Unterschiede zwischen UO-Anreicherung und Saccharoseanreicherung zu erkennen, jedoch konnte in keinem Fall die Frage nach der Bevorzugung einer der Varianten mit einem signifikanten Ergebnis beantwortet werden.

Sofern also Unterschiede zwischen Umkehrosiose- und Saccharoseanreicherung überhaupt erkannt wurden, war es den Verkostern doch nicht möglich, einen positiven oder negativen Einfluß auf die sensorische Qualität zu erkennen.

6.3.3 Sensorische Untersuchung der 1995er Versuchsweine

Im Herbst 1995 wurden neben drei Anreicherungsversuchen mit Weißweinen der Forschungsanstalt Geisenheim, weitere 8 Vergleichsversuche mit Rot- und Weißweinen aus den Anbaugebieten Rheinpfalz und Mosel-Saar-Ruwer durchgeführt.

Der Umfang der Versuche mit den Geisenheimer Weinen (Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3) wurde dahingehend erweitert, daß zusätzlich Anreicherungsversuche mit einer Nanofiltrationsmembran (NF) gemacht wurden, deren Salzzückhaltung mit 98 % MgSO_4 (bei 1 g/l MgSO_4 / 7 bar / 25 °C) angegeben wurde. Daneben wurde bei diesen drei Vergleichen ein Teil der Trauben zu einem späteren Zeitpunkt geerntet, so das diese Varianten zum Lesezeitpunkt ein mit den angereicherten Mosten vergleichbares natürliches Mostgewicht hatten.

Sensorisch zeigte sich zunächst, daß die durch NF-Anreicherung hergestellten Versuchsweine sowohl nach dem DLG-5-Punkte-Schema als auch bei der Rangordnungsprüfung keine qualitativen Unterschiede erkennen ließen.

Die Weine aus spät gelesenen Traubenmaterial wurden mit Ausnahme des Vergleiches Nr. 1 im Rangordnungstest mit den UO- und NF-Varianten gleichgesetzt. Da das Lesegut dieser Varianten jedoch einen hohen Fäulnisgrad aufwies, kann dieses Ergebnis nicht als allgemeingültig angesehen werden. Zur Absicherung sollten weitere Vergleichsversuche herangezogen werden.

Auch eine weitere Variante innerhalb des Vergleiches Nr. 3, bei der eine Teilmostmenge stärker aufkonzentriert und anschließend mit nicht angereichertem Most rückverschnitten wurde, erhielt bei der DLG-Prüfung von den Prüfern die gleiche Bewertung wie die UO-Variante. Im Rangordnungstest konnten die Prüfer ebenfalls keine Differenzierung zu den Varianten UO, NF und "späte Lese" vornehmen.

Bei den Vergleichsversuchen mit Mosten aus der Rheinpfalz wurden neben den UO- und Saccharosevarianten, je eine weitere Saccharosevariante hergestellt, die lediglich durch Separation (also keine CMF) vorgeklärt wurde. Die Verkostung in Form von Rangordnungsprüfungen zeigte, daß die scharfe Vorklärung durch Cross-Flow-Filtration keinen signifikanten Einfluß auf die Qualität der Weine hatte. Damit konnten die Ergebnisse von WILLY et al. (1990) bestätigt werden, die zwar eine geringfügige Erniedrigung des Kolloidgehaltes durch die CMF beobachteten, welche sich jedoch auf das Geschmacksbild des Weines nicht auswirkten.

Beim Vergleich der mikrofiltrierten Varianten UO und Saccharose wurde in zwei von sechs Rangordnungsprüfungen die Saccharosevariante auf den höheren Rang gesetzt.

Bei den Rieslingweinen aus dem Anbaugebiet Mosel-Saar-Ruwer konnte aufgrund eines Ausbaufehlers nur ein Vergleich ausgewertet werden. Die Prüfer konnten jedoch auch hier zwischen den Varianten UO und Saccharose keinen Unterschied feststellen.

Insgesamt läßt sich bezüglich der sensorischen Auswirkung der Umkehrosmoseanreicherung gegenüber der konventionellen Saccharoseanreicherung folgendes festhalten:

Über den Versuchszeitraum von 3 Jahren konnte eine Gruppe geübter Weinverkoster auch nach mehreren Wiederholungen keine gesicherte Aussage über eine qualitative Vorzüglichkeit zwischen konventionell mit Saccharose angereicherten und durch Umkehrosmose angereicherten Weinen erstellen.

Bei den Rangordnungsprüfungen innerhalb der Jahrgänge 1993, 1994 und 1995 konnte in einigen Fällen eine signifikant bessere Bewertung von Saccharose- oder Umkehrosmosevarianten (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 5\%$) festgestellt werden. Sobald jedoch die gleichen Weine in Form einer Unterschiedsprüfung (Dreieckstest) gegenübergestellt wurden, waren die Prüfer nicht in der Lage signifikante Ergebnisse zu erzielen.

Damit können die Ergebnisse von ZÜRN (1979) bestätigt werden, nach denen ein unharmonischer grasiger Konzentratgeschmack sowie ein rauher Abgang wie sie bei WUCHERPFENNIG und NEUBERT (1977) gefunden wurden, bei keiner der durch UO angereicherten Weine aufgetreten ist.

Die Weine aus den verschiedenen Anreicherungsverfahren waren sich vielmehr oft so ähnlich, daß es auch dem geübten Weinkonsument ohne die direkte Gegenüberstellung beider Varianten wohl kaum möglich gewesen wäre, eine Unterscheidung vorzunehmen.

6.4 Beurteilung der betriebswirtschaftlichen Untersuchung

Nachdem sich gezeigt hat, daß die Anreicherung durch Umkehrosmose ohne nennenswerte Beeinflussung der Weinqualität möglich ist, müssen bei der Frage der Zulassung dieses Anreicherungsverfahrens auch die ökonomischen Konsequenzen in die Diskussion einbezogen werden.

Die betriebswirtschaftliche Untersuchung macht deutlich, daß neben der jährlichen Verarbeitungsmenge innerhalb eines Betriebes auch der Anreicherungsumfang, der Alkoholbereich in dem angereichert wird und nicht zuletzt das Marktpreisniveau, die Kostenentwicklung entscheidend beeinflussen.

Die Kosten der UO-Anreicherung sind demnach sowohl von strukturellen Marktpreisschwankungen als auch von sorten- bzw. gebietstypisch unterschiedlichen Anreicherungsstärken und -bereichen abhängig.

Eine wesentliche Rolle spielt die Volumenminderung durch die Permeatabtrennung bei der UO-Anreicherung. Diese Mengenverluste bewirken für den Produktionsbetrieb eine erhebliche Schmälerung der Erlöse. Bei einer UO-Anreicherung von 9 auf 12 % vol wird das Mostvolumen beispielsweise um 25 % verringert, während bei der Anreicherung von 7 auf 10 % vol die Mostmenge bereits um 30 % reduziert wird.

Geringe Anreicherungsstärken von beispielsweise 10 auf 11,5 % vol bewirken dagegen nur eine Mengenreduzierung um 13 % und haben somit einen wesentlich geringeren Einfluß auf die Verkaufserlöse pro Flächeneinheit.

Generell kann gesagt werden, daß die Gesamtstückkosten der beiden Anreicherungsverfahren, Saccharose- und Umkehrosmoseanreicherung, weniger weit auseinander liegen, als die Nettokosten, die sich durch die Einbeziehung der Volumeneffekte (= Volumenerhöhung bei Zuckerzusatz und Volumenminderung bei UO-Anreicherung) ergeben.

Während die Gesamtstückkosten (DM/hl) bei der UO-Anreicherung von 3 % vol, beispielsweise bei einer Betriebsgröße von 7 ha Ertragsreife, in Abhängigkeit von dem Alkoholbereich in dem angereichert wird, noch ca. 10 bis 12 DM/hl über denen der

Saccharoseanreicherung liegen, sind die Verfahrenskosten der UO bei Betriebsgrößen 30 ha bereits ca. 20 bis 30 % niedriger als die der Saccharoseanreicherung.

Eine globale Aussage hinsichtlich der Kosten der UO-Anreicherung ist daher nicht möglich. Vielmehr ist eine differenzierte Betrachtungsweise erforderlich.

6.5 Weinbaupolitische Betrachtung

Im folgenden sollen einige Denkansätze zeigen, warum sich die Diskussion um ein Verbot der Saccharoseanreicherung, bei gleichzeitiger Zulassung der Umkehrosioseanreicherung mehr oder weniger zu einem Interessenkonflikt zwischen den nord- und südeuropäischen Weinbauländern entwickelt hat.

Die klimatischen Bedingungen der nördlichen EG-Mitgliedstaaten bewirken hier niedrigere natürliche Alkoholgehalte, wodurch in der Regel eine größere Anreicherungsspanne als in südeuropäischen Ländern erforderlich ist.

Es konnte gezeigt werden, daß die Weinerzeuger durch diesen Sachverhalt in Gebiete, in denen kleine Anreicherungsspannen erforderlich sind, erhebliche finanzielle Vorteile hätten, da die Kosten der beiden Anreicherungsverfahren eine gegenläufige Entwicklung aufweisen.

So bewirkt eine kleinere Anreicherungsspanne bei der UO-Anreicherung zum einen auch geringere Volumenverluste, wodurch die Markterlöse in geringerem Umfang geschmälert werden. Zudem nimmt die Attraktivität der UO-Anreicherung gegenüber der Saccharoseanreicherung zu, da eine kleinere Zuckermenge auch eine geringe Volumenerhöhung und somit einen kleineren Preisvorteil bedeutet. Die Differenz der Nettokosten zwischen UO- und Saccharoseanreicherung wird unter Bedingungen wie sie in einigen südeuropäischen Weinanbaugebieten herrschen (kleine Anreicherungsspannen und niedrige Marktpreise) also immer geringer.

Desweiteren ist bei der UO-Anreicherung von säure- und extraktarmen Mosten eine gravierendere Qualitätssteigerung gegenüber der Saccharoseanreicherung zu erwarten, da Säure und Extrakt durch die Wahl einer feinporiger UO-Membranen entsprechend der Permeatabtrennung erhöht werden können.

Die analytischen und sensorischen Untersuchungen haben gezeigt, daß sich mit der Umkehrosiose keine besseren, sondern höchstens gleichwertige Qualitäten wie mit der Saccharoseanreicherung erzielen lassen. Eine Ausnahme könnte bei der Anreicherung von Rotweinen vorliegen, da die Konzentrierung hier eine intensivere Farbe und höhere Phenolkonzentrationen hervorrufen. Die damit verbundene Strukturverbesserung und ein

besseres Alterungsverhalten das BERGER (1992) feststellte, konnte in eigenen sensorischen Beurteilungen bisher jedoch nicht bestätigt werden. Höhere Marktpreise für deutsche Tafel- und QbA-Weine die durch Umkehromse angereichert wurden, sind daher eher unwahrscheinlich.

Eine ganz andere Situation ergibt sich jedoch, wenn die UO zum Zweck der Farb- und Extraktanreicherung von Mosten eingesetzt wird, die bereits als qualitativ hochwertig einzustufen sind. Hier ist die Herstellung von hochpreisigen sogenannten "Spitzenprodukten" und möglicherweise auch die Erreichung höherer Marktpreise durchaus denkbar. Die Kosten der UO-Anreicherung sind in solchen Fällen gemessen an den Endverbraucherpreisen anteilmäßig wesentlich geringer und machen daher das Verfahren gegenüber der Saccharoseanreicherung, bei der lediglich eine Alkoholerhöhung durchgeführt wird attraktiver.

Ein weiterer Aspekt ist die Argumentation von Befürwortern der UO-Anreicherung, wonach es sich bei der Saccharoseanreicherung um den Zusatz eines Fremdstoffes handelt, da der zugesetzte Rüben- oder Rohrzucker nicht aus Weintrauben hergestellt wird. Im Hinblick auf die Weinvermarktung könnte dieses Argument werbewirksam eingesetzt werden. Der in Frankreich für die UO-Anreicherung verwendete Begriff "Selbstanreicherung", soll zum Ausdruck bringen, daß hierbei lediglich die natürlichen Traubeninhaltsstoffe angereichert werden.

Demgegenüber wird von den Gegnern der Mostanreicherung durch Konzentrierung der Begriff "Weinethik" in den Vordergrund gestellt. Dieser soll zum Ausdruck bringen, daß es eine Werteregelung für die Weinherstellung gibt die besagt, daß das Produkt so wenig wie möglich beeinflusst werden darf. Die Saccharoseanreicherung, die lediglich zur Erhöhung des Alkoholgehaltes führt, kommt diesem Grundsatz mehr entgegen, als die UO-Anreicherung, die einen globalen Eingriff in die inhaltliche Zusammensetzung darstellt (SCHLÖDER 1991).

Aufgrund der Tatsachen, daß sich die durch die UO-Anreicherung hervorgerufenen Veränderungen der Weininhaltsstoffe lediglich im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite bewegen, ist die Anwendung dieses Verfahrens derzeit analytisch nicht nachweisbar. Hier wird deutlich, daß zur Vermeidung des unlauteren Einsatzes der UO-Anreicherung eine umfassende Überarbeitung der derzeit vorhandenen Kontrollinstrumente erforderlich wäre.

Abschließend muß also festgestellt werden, daß die Diskussion um die Zulassung der Umkehrosme und ein Verbot der Saccharose weniger ein technologisches als vielmehr ein politisches Thema darstellt. Es zeigt sich, daß es bei der Anreicherungsfrage erforderlich ist,

die gebietstypischen Rahmenbedingungen der einzelnen Weinbauländer zu berücksichtigen, um die Ziele der Reform der gemeinsamen Marktorganisation innerhalb Europas tatsächlich zu verwirklichen. Die Zulassung der Umkehrosmoseanreicherung und das Verbot von Saccharose würde nach den durchgeführten Untersuchungen keineswegs zur Herstellung des Marktgleichgewichts in Europa beitragen, sondern vielmehr ein Ungleichgewicht zwischen den Weinanbaugebieten Nord- und Südeuropas bewirken. Weiterhin könnte auch eine Einschränkung des Ertragswettlaufs kaum erwartet werden, da Betriebe, die die derzeitigen Hektarhöchstträge unterschreiten, zur Erhaltung des Betriebsergebnisses vermutlich versuchen würden, die Mengenverluste der UO-Anreicherung durch Ertragssteigerung auszugleichen. Die mit der UO-Anreicherung verbundene Reduzierung der Weinmenge würde in solchen Fällen zumindest zum Teil durch Ertragssteigerung wieder kompensiert werden, was sich auf das Qualitätsniveau wiederum eher negativ auswirken könnte.

7 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden über den Zeitraum von drei Jahren deutsche Weinmoste verschiedener Rebsorten und Anbaugebiete mittels Umkehrosmose und Saccharose angereichert.

Zunächst wurden für die Umkehrosmoseversuche Spiralwickelmembranen mit verschiedenen Porengrößen eingesetzt und auf ihre Eignung hinsichtlich der Rückhaltung der wichtigsten Mostinhaltsstoffe getestet. In einer umfangreichen analytischen Untersuchung wurden die Veränderungen der Mostinhaltsstoffe aufgezeigt.

Es zeigte sich, daß zur ausreichenden Zuckerrückhaltung Membranen mit einer nominellen Trenngrenze von 100 Dalton erforderlich sind. Die Analysen zeigten, daß in diesem Trennbereich neben Zucker und Gesamtsäure alle Inhaltsstoffe in nahezu gleichem Umfang angereichert werden. Für die qualitative Beurteilung ist die Erhöhung der Extrakt- und Säurewerte in den Konzentratmosten entscheidend. Durch die Erhöhung der Mineralstoffe haben die Konzentratmoste eine bessere Pufferungskapazität und die pH-Werte bleiben trotz der Säureerhöhung praktisch unverändert.

Im Verlaufe der Gärung und des weiteren Weinausbaues werden die in den Konzentratmosten festgestellten Erhöhungen von Kalium und Weinsäure durch eine erhöhte Neigung zur Weinsteinbildung wieder abgeschwächt.

Die bei der Verwendung von Spiralwickelmembranen erforderliche Vorklärung, führte zu einer Verringerung der inneren Oberfläche und damit zu Problemen bei der Vergärung. Mit den üblichen gärfördernden Maßnahmen ist es jedoch möglich, einen ausreichend Endvergärungsgrad zu erzielen.

Im Anschluß an die Anreicherungsversuche wurden die Moste im Versuchsmaßstab ausgebaut und nach der Abfüllung einer umfangreichen analytischen und sensorischen Prüfung unterzogen.

Sowohl die Aschwerte als auch die zuckerfreien Extrakte und die Restextrakte waren in den UO-Weinen erhöht. Das Glycerin, das oft als Qualitätsparameter herangezogen wird, weicht in den UO-Weinen nur unwesentlich von den Saccharoseweinen ab, da bei der Verwendung von gesundem Lesegut der größte Anteil erst bei der Gärung gebildet und somit durch die Mostkonzentrierung nicht wesentlich beeinflusst wird. Die in den Mosten festgestellte Anreicherung von Metallen hat, mit Ausnahme von Zink, für die Gehalte in den Weinen keine Bedeutung, da außer Zink praktisch alle Metalle im Verlauf der Gärung stark abgereichert wurden.

Rotweine erfuhren durch die UO-Konzentrierung eine Farbstoffanreicherung.

Bei den sensorischen Untersuchungen zeigte sich, daß das Ausmaß der Extraktstofferhöhung und der Anreicherung der phenolischen Verbindungen keine Auswirkungen auf den Geschmackseindruck der Weine hatte. In Einzelfällen wurden von den Verkostern Rangunterschiede zwischen UO-Anreicherung und Saccharoseanreicherung festgestellt. Bei der erweiterten Dreiecksprüfung konnten die Prüfer diese Bevorzugungen jedoch nicht verifizieren. Die UO-Anreicherung führte somit weder zur Verbesserung noch zu Verschlechterung der geruchlichen und geschmacklichen Eigenschaften der Weine.

Nachdem im Versuchsjahr 1995 ausführliche Untersuchungen zur Leistung einer UO-Anlage durchgeführt wurden, konnte auf der Grundlage dieser Versuche eine Kostenkalkulation vorgenommen werden. Hierbei zeigte sich, daß die Kostenunterschiede zwischen UO- und Saccharoseanreicherung eher gering sind. Für die Wirtschaftlichkeit der UO-Anreicherung spielt jedoch vor allem die Reduzierung des Mostvolumens durch die Permeatabtrennung eine entscheidende Rolle.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen zu erkennen, daß die Mostanreicherung durch Umkehrosiose technisch möglich ist und im Vergleich zur Saccharoseanreicherung qualitativ gleichwertige Weine erzeugt werden können. Es wird jedoch deutlich, daß die Aufkonzentrierung, gleich mit welchem Verfahren sie vorgenommen wird, durch die Mengenverluste aus wirtschaftlicher Sicht nicht mit der Saccharoseanreicherung konkurrenzfähig sein kann. Ob die Umkehrosioseanreicherung im Falle der Zulassung jedoch trotzdem an Attraktivität gewinnen kann, wird davon abhängen, inwieweit die derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen der Anreicherung den dann veränderten Gegebenheiten angepaßt werden.

8 LITERATURÜBERSICHT

- BERGER J.L., (1991): Auto-enrichissement du mout par osmose inverse. Bulletin de L'O.I.V., Nr. 64, S. 189 - 210.
- BERGER J.L., (1992): Osmose inverse. 2: Applications en oenologie. Revue Francaise D'Oenologie. Nr. 137, S. 35 - 40.
- BÖHRINGER / Mannheim GmbH Biochemica (1989): Methoden der biochemischen Analytik und Lebensmittelanalytik.
- BUI K., DICK R., MOULIN G., GALZY P., (1988): Partial Concentration of Red Wine by Reverse Osmosis. Journal of Food Science, Volume 53, Nr. 2, S. 647 - 648.
- CUÉNAT Ph., KOBEL D. und ZUFFEREY E., (1988): L'osmose inverse et l'Oenologie. Bulletin de l'O.I.V., Nr. 62, S. 519 - 537.
- CUÉNAT Ph., (1992): Autoenrichissement des mouts et libération d'aromes dans les vins. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture, Vol. 24 (2), S. 73 - 74.
- DANIOTH G., (1988): Einsatz der Umkehrosmose und Ultrafiltration zur Verarbeitung von Frucht- und Gemüsesäften. Swiss Food, 10, Nr. 4., S. 7 - 12.
- DE HOOGH J., KLEIN ESSINK G., DUPPY P., HOFFMANN D., ENGEL M., VENTURA F., (1990): Enrichment of wine in the european Community / Part II Economic aspects of the enrichment of wine in the EC, S. 1 - 67.
- DELFINI C., GIACOSA D., NICOLINI G., BARDI L., LANATI D., PAGLIARA A., BORSA D., GARCIA-MORUNO E., (1991): Essais d'enrichissement partiel de mout de Raisin par osmose inverse. Connaissance de la Vigne et du Vin, Jg. 25, Nr. 1, S. 1 - 35.
- DRIOLI E., ORLANDO G., D'AMBRA S., AMATTI A., (1981): Membrane Processes in Must and Wine Treatment. American Chemical Society Symposium Series, Nr. 154, S. 17 -26.
- DUITSCHAEVER C. L., (1986): Improving ontario wine through reverse osmosis. Food in Canada, Nr. 46, (8). S. 20 - 21.
- DUITSCHAEVER C. L., ALBA J., BUTEAU C., ALLEN B., (1991): Riesling wines made from must concentrated by reverse osmosis. American Journal of Enology and Viticulture, Nr. 42 (1), S. 19 - 25..

- ENKELMANN R., (1988): Schwermetall-Abgabe von Weinbehandlungsmitteln 1. Mitteilung: Bentonite, Deutsche Lebensmittel-Rundschau 84, S. 243-247.
- ENKELMANN R., (1990): Schwermetall-Abgabe von Weinbehandlungsmitteln Mitt.: Kieselgur. - Deutsche Lebensmittel-Rundschau 86, S. 314-321.
- ESCHNAUER H., (1974): Spurenelemente in Wein und anderen Getränken. - Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße.
- FLIEDNER W., unter Mitarb. von BUSCH-STOCKFISCH M.u. NEUMANN, R. (1993): Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik, S. 80 - 86.
- GEIDEL H., (1978): Zur statistischen Auswertung von sensorischen Prüfungsergebnissen, QZ 23, S. 176 - 178.
- GIBSON R.L., (1986): Cross flow membrane technology for the wine industry. Australien Grapegrower & Winemaker, Nr. 268, S. 17 - 23.
- GUIMBERTEAU G., GAILLARD M., WAJSFELNER R., (1989): Observations sur l'utilisation de l'osmose inverse en vinification en rouge. Connaissance de la Vigne et du Vin, Jg. 23, Nr. 2, S. 95 - 118.
- HAUPT W., (1993): Wieviel Technik braucht der Wein? Der Deutsche Weinbau, Heft Nr. 22, S. 24 -26.
- HOFFMANN D., SCHRÖDER, P., (1990): Einsatz der Crossflow-Mikrofiltration in der Weinkellerei - Beseitigung von Verblockung. Getränkeindustrie, 44, S. 121 - 126
- HOFFMAN D., (1996): Forschungsanstalt Geisenheim, Institut für Betriebswirtschaft und Technik, Persönliche Mitteilung.
- JUNGE CH. und SPADINGER CH., (1989): Ultra- und Mikrofiltration. Einfluß auf die chemische Zusammensetzung der Weine und die sensorischen Eigenschaften. Der Deutsche Weinbau, Jg. 43, S. 1594 - 1598.
- KRAMER A., (1974): An non-parametric ranking method for the statistical evaluation of sensory data. Chemical senses and Flavour 1, S. 121 - 133 (zitiert Norm DIN 10963)
- LANGHANS E. UND SCHLOTTER H.A., (1987): Ursachen der Kupfertrübung. Der Deutsche Weinbau, 40, S. 530 - 536

- LÜTHI H.R., (1958): Über einige Ursachen unvollständiger Gärung braungewordener Obstsaftkonzentrate - Symposium der Internationalen Fruchtsaftunion (Technologie der Fruchtsaftkonzentrate) Bristol, S. 391 - 401.
- MASON E.A., LONSDALE H.K., (1993): Statistical-Mechanical Theory of Membrane Transport. Journal of Membrane Society, Vol. 51, S. 1 - 81
- MEARES P., (1979): Membrane Separation Processes. Elsevier Scientific Publishing Company.
- MERSON R.L. and Morgan A.I., (1968): Juice concentration by reverse osmosis. Food Technologie Jg. 22, Nr. 5, S. 97 - 100.
- MERTEN U., (1966): Desalination by Reverse Osmosis. The M.I.T. Press, Cambridge Ma.
- MORGAN A.I., LOWE E. MERSON R.L. und Dirkee E.L., (1965): Reverse Osmosis. Food Technologie, Jg. 19, Nr. 12, S. 52 - 54.
- MÜLLER T. und WÜRDIG G., (1981): Rechnerische Ermittlung des Alkohol- und Extraktgehaltes von Weinen aus dem Dichteverhältnis $d_{20/20}$ und der Refraktionszahl $R_D 20$. Deutsche Lebensmittel-Rundschau Nr. 77. S. 55 - 59.
- MÜLLER T. und WÜRDIG G., (1985): Schnelle Bestimmung der Weinasche auf konduktometrischem Wege. Weinwirtschaft Nr. 121, S. 356 - 360.
- NAKANISHI Y.: Production of Wine by Reverse Osmosis; Concentration of Grape Juice. Firmenschrift der Firma Daicel Chemical Ind. Ltd., Separation System Division, Tokio-Head-Office, 8 - 1 Kasumigaseki, 3-Chome, Chiyoda - KO, Tokio/Japan.
- NEUBERT S., (1971): Über das Prinzip der umgekehrten Osmose und ihre Anwendungsmöglichkeit zu Konzentrierung und Entsäuerung von Traubenmost und Wein. Diplomarbeit an der Landw. Fakultät der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- NEUBERT S., (1977): Über die Anwendung der Umkerhosmose in der Getränkeindustrie - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades bei dem Fachbereich Ernährungswissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen. S. 265 - 268.
- PALMER-BENSON T., (1986): Improving ontario Wine Through Reverse Osmosis. Food in Canada, Nr. 46 (8), S. 20 -21.

- PAULSON D. J., WILSON R. L., SPATZ D. D., (1985): Osmosis and Ultrafiltration Applied to the Processing of Fruit Juices. American Chemical Society Symposium Series, Nr. 281, S. 325 - 344.
- PEELER J.K.P. und SITNAI O., (1974): Reverse Osmosis concentration of carbohydrate solutions: Process modelling and costing. Journal of Food Science, Volume 39, Nr. 4, S. 744 - 750.
- PERI C., POMPEI E. und BERADI A., (1973): Concentrazione del succo d'arancia per osmosi inversa I. Ritenzioni e permeabilità. Sci. Tecnol. degli Alimenti, 3, S. 329.
- PERI C., (1973): Orange juice concentration by reverse osmosis: retentions, permeating rate and economy of the process. Tagung der Internationalen Fruchtsaftunion, Wien 1973, Bd. Technologie der Fruchtsaftbestandteile, Juris-Verlag, Zürich, S. 119 - 145.
- PERI C., (1974): Concentrazione del succo d'arancia d'noa per osmosi inversa II. Analisi dei costi et ottimazione. Sci. Tecnol. degli Alimenti, 4, S. 43.
- PERI C. und POMPEI E., (1975): Concentrazione del mostos d'noa per osmosi inversa. Vini d'Italia 18, S. 179 - 185.
- PEYNAUD E. und ALLARD J., (1970) : Concentration des mouts de raisin par osmose inverse, C.R. Hebdomataires des Seances de l'Acad. d' Agric. de France, Nr.18, S. 1454 - 1458.
- POMPEI E. und RHO G., (1974): Concentration du jus de passiflore (*Passiflora edulis*) par osmose inverse. Lebensm.-Wissensch. und Technol. 3, S. 167 - 172.
- POSTEL W., MEIER B. und MARKERT R., (1986): Einfluß verschiedener Behandlungsstoffe auf den Gehalt des Weines an Mengen- und Spurenelementen. I. Bentonit. - Mitt.Klosterneuburg 36: 20-27.
- POSTEL W., MEIER B. und MARKERT R., (1986): Einfluß verschiedener Behandlungsstoffe auf den Gehalt des Weines an Mengen- und Spurenelementen. II. Aktivkohle. - Mitt.Klosterneuburg 36: 187-193.
- POSTEL W., MEIER B. und MARKERT R., (1987): Einfluß verschiedener Behandlungsstoffe auf den Gehalt des Weines an Mengen- und Spurenelementen. III. Kieselgur und Perlit. - Mitt.Klosterneuburg 37: 219-226.
- POSTEL W., MEIER B. und MARKERT R., (1989): Einfluß verschiedener Behandlungsstoffe auf den Gehalt des Weines an Mengen- und Spurenelementen. IV. Cellulose, Filterstoffgemische und Asbest. - Mitt.Klosterneuburg 39: 219-223.

- PREITZ O., DAHEM, W., (1984): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 17. Auflage, Verlag Dr. Max Gehlen, Bad Homburg vor der Höhe.
- RAUTENBACH R., (1996): Membranprozesse von den Grundlagen zu aktuellen Anwendungen, Hochschulkurs am Institut für Verfahrenstechnik vom 29. - 31. Mai 1996, Aachen.
- REID C.E., (1972): Principles of Reverse Osmosis. in: Lacey R.E., Loeb S. (Hrsg.), Industrial Processing with Membranes, Willey-Interscience, New York, S. 109 - 122.
- RUF A. und WIDMER F., (1988): Membranaktivitäten am Institut für Verfahrens- und Kältetechnik (IVUK), Zürich. Swiss Food Nr. 10, S. 31 - 36.
- SAMHABER W., Sandoz AG, Ch-4002 Basel (1983): Auslegungsaspekte von Membrantrennanlagen.
Arbeitstagung: "Anwendung von Membranen in der Biotechnologie", Basel, 14. Dez. 1983 in Basel. FVC Fachgruppe für Verfahrens- und Chemieingenieur-Technik des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (SIA), Arbeitsgruppe Biotechnologie.
- SCHLÖDER F. R., (1991): Der Qualitätsbegriff beim Wein aus Sicht der Europäischen Gemeinschaft.
Önologisches Forum. "Die Qualität des Weines aus der Sicht von Experten", Industrie und Handelskammer Trier, 27 September in Trier
- SOURIRAJAN S., (1964): Separation of some inorganic salts in aqueous solution by flow, under pressure, through porous cellulose acetate membranes. Ind. & Eng. Chem. Fundamentals, Nr. 3, S. 206 - 210.
- SOURIRAJAN S., (1964): The mechanism of demineralization of aqueous sodium chloride solutions by flow, under pressure, through porous membranes. Ind. & Eng. Chem. Fundamentals, Nr. 2, S. 51 - 55.
- STRATHMANN H., (1973): Die Membranfiltration - ein einfaches Verfahren zur Trennung, Konzentrierung und Fraktionierung von molekularen Lösungen I. und II. Galvanotechnik 64, 8, S. 664 - 671 und 10, S. 899 - 905
- TANNER H. und BRUNNER H. R., (1987): Getränkeanalytik, Untersuchungsmethoden für die Labor- und Betriebspraxis, Verlag Hiller Chemie- und Verwaltungs- GmbH, Schwäbisch Hall.

Unbekannt, (1993): Italien für Zucker-Verbot. Das deutsche Weinmagazin, Nr. 19, S. 12.

Unbekannt, (1993): Für generelles Verbot der Saccharose-Anreicherung. Das deutsche Weinmagazin, Nr. 25/26, S. 16.

WEINAND R., (1991): Technologische und ökonomische Analyse der Weinklärung im Kontext der Gesamtkostenstruktur von Weinkellereien unter besonderer Berücksichtigung der Crossflow-Filtration - Disseratation zur Erreichung des Doktorgrades im Fachgebiet Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen.

WILLY J., STAMM R., KRÜCK A., ZÜRN F., WEINAND R., DIETRICH H., (1990): Beitrag zur Qualitätsbeeinflussung des Weines durch die Crossflow-Mikrofiltration. Rebe & Wein, Nr. 9, S. 336 - 338.

WUCHERPFENNIG K., (1977): Anwendungsmöglichkeiten von Membranprozessen bei der Hestellung von Getränken - Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi im Fach Lebensmitteltechnologie Fachbeeich 19 Ernährungswissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen, S. 68 - 82.

WUCHERPFENNIG K. und NEUBERT S., (1977): Beitrag zur Herstellung von Weinen aus mit Hilfe der Umkehrosmose konzentrierten Traubnemosten. Weinberg und Keller, Band 24, S. 89 - 114.

WUCHERPFENNIG K. und ZÜRN F., (1981): Weinherstellung aus konzentrierten Traubenmosten mit Hilfe der Umkehrosmose. Die Weinwirtschaft, Nr. 23, S. 652 - 661.

WÜRDIG G. und WOLLER R., (1989): Handbuch der Lebensmitteltechnologie / Chemie des Weines, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

ZÜRN F., (1979): Anwendungsmöglichkeiten der Umkehrosmose (Hyperfiltration) zur Qualitätsverbesserung von Most und Wein. Dissertation an der Justus-Liebieg-Universität Gießen.

9 ANHANG

Tab. A1: Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines **93er Müller-Thurgau Mostes** und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von **65-Dalton / Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3**

	Vergleich Nr. 1						Vergleich Nr. 2					Vergleich Nr. 3				
	Originalmost =100%	Konzentrat	R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat	R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat	R %	Permeat	P %	WF %
Dichte	1,0753	1,0916	98,5	1,0004	0,1	98,6	1,0916	99,6	1,0004	0,1	99,7	1,0951	102,2	1,0003	0,1	102,3
Ges.-Extrakt g/l	201,7	244,9	98,3	5,6	0,5	98,8	244,9	99,4	5,6	0,5	99,9	254,3	102,1	5,4	0,5	102,6
Zucker g/l	173	212	99,2	0,3	0,0	99,2	212	100,4	0,3	0,0	100,4	217	101,5	0,4	0,0	101,6
pH-Wert	3,2	3,1		4,2			3,1		4,3			3,1		4,0		
Leitfähigkeit µS/cm	2880	2770		80			2820		85			2850		100		
Gesamtsäure g/l	9,5	11,3	96,3	n.n.	0,0	96,3	11,3	97,4	n.n.	0,0	97,4	11,3	96,3	n.n.	0,0	96,3
Weinsäure g/l	5,8	6,8	94,9	n.n.	0,0	94,9	6,5	91,8	n.n.	0,0	91,8	6,9	96,3	n.n.	0,0	96,3
Äpfelsäure g/l	3,7	4,4	96,3	n.n.	0,0	96,3	4,4	97,4	n.n.	0,0	97,4	4,4	96,3	n.n.	0,0	96,3
fl. Säure g/l	0,40	0,35		0,40			0,32		0,39			0,38		0,45		
freie SO2 mg/l	18	18	81,0	13	13,8	94,7	20	91,0	14	14,1	105,1	21	94,4	14	14,8	109,3
gesamte SO2 mg/l	76	88	93,7	4	1,0	94,7	87	93,8	5	1,2	94,9	84	89,5	7	1,8	91,2
Asche g/l	3,45	3,86	90,6	n.n.	0,0	90,6	3,92	93,1	n.n.	0,0	93,1	3,99	93,6	n.n.	0,0	93,6
Natrium mg/l	23	29	102,1	0,8	0,7	102,7	31	107,2	1	0,5	107,7	27,9	96,9	1	0,4	97,3
Kalium mg/l	1470	998	55,0	23	0,3	55,3	1056	58,8	27	0,3	59,2	1091	60,1	20	0,3	60,3
Calcium mg/l	158	191	97,9	5	0,6	98,5	192	99,5	4	0,5	100,0	203	104,0	2	0,2	104,2
Magnesium mg/l	95	115	98,0	1	0,2	98,2	112	96,6	n.n.	0,0	96,6	119	101,4	n.n.	0,0	101,4
Eisen mg/l	0,7	1,3	150,3	n.n.	0,0	150,3	0,8	93,6	n.n.	0,0	93,6	0,7	81,0	n.n.	0,0	81,0
Kupfer mg/l	0,23	0,17	59,8	n.n.	0,0	59,8	0,23	81,9	n.n.	0,0	81,9	0,14	49,3	n.n.	0,0	49,3

Tab. A2: Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines **93er Müller-Thurgau Mostes** und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von **100-Dalton / Vergleiche Nr. 1 bis Nr. 3**

	Vergleich Nr. 1						Vergleich Nr. 2					Vergleich Nr. 3				
	Originalmost =100%	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %
Dichte	1,0753	1,0918	97,5	1,0150	4,0	101,5	1,0913	99,3	1,0031	0,7	100,1	1,0931	101,3	1,0020	0,5	101,7
Ges.-Extrakt g/l	201,7	245,5	97,4	8,5	0,8	98,2	244,1	99,1	12,6	1,1	100,3	248,9	101,1	9,8	0,9	102,0
Zucker g/l	173	215	99,4	4,2	0,5	99,9	212	100,4	6,3	0,7	101,0	215	101,8	3,8	0,4	102,2
pH-Wert	3,2	3,1		3,7			3,1		3,8			3,2		3,7		
Leitfähigkeit µS/cm	2880	2570		390			2690		370			2840		440		
Ges.-Säure g/l	9,5	11	92,6	0,3	0,5	93,2	11,1	95,7	0,2	0,4	96,1	11,1	95,7	0,2	0,4	96,1
Weinsäure g/l	5,8	6,7	92,4	n.n.	0,0	92,4	6,6	93,2	n.n.	0,0	93,2	6,7	94,6	n.n.	0,0	94,6
Äpfelsäure g/l	3,7	4,3	93,0	0,2	1,1	94,1	4,5	99,6	0,2	1,0	100,6	4,4	97,4	0,2	1,0	98,4
fl. Säure g/l	0,40	0,36		0,45			0,32		0,42			0,31		0,35		
freie SO2 mg/l	18	16	71,1	17	18,9	90,0	17	77,4	16	16,1	93,4	19	86,5	15	15,1	101,5
gesamte SO2 mg/l	76	85	89,5	17	4,5	93,9	83	89,4	19	4,5	94,0	88	94,8	13	3,1	97,9
Asche g/l	3,45	3,81	88,3	n.n.	0,0	88,3	3,74	88,8	n.n.	0,0	88,8	3,96	94,0	n.n.	0,0	94,0
Natrium mg/l	23	30	104,3	2	2,0	106,3	30	106,2	2	1,4	107,6	29,1	102,3	3	2,1	104,4
Kalium mg/l	1470	924	50,3	123	1,7	52,0	1035	57,7	112	1,4	59,0	1074	59,8	128	1,6	61,4
Calcium mg/l	158	183	92,7	7	0,9	93,5	195	101,1	6	0,7	101,8	195	101,1	9	1,0	102,1
Magnesium mg/l	95	109	91,8	2	0,4	92,2	116	100,0	2	0,4	100,4	116	100,0	2	0,4	100,4
Eisen mg/l	0,7	1,2	137,1	n.n.	0,0	137,1	0,8	93,6	n.n.	0,0	93,6	1,1	128,7	n.n.	0,0	128,7
Kupfer mg/l	0,23	0,17	59,1	n.n.	0,0	59,1	0,21	74,8	0,01	0,8	75,6	0,3	106,8	n.n.	0,0	106,8

Tab. A4: Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines **93er Riesling-Mostes** und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von **65-Dalton** / **Vergleiche Nr. 4 bis Nr. 6**

	Vergleich Nr. 4						Vergleich Nr. 5					Vergleich Nr. 6				
	Versuch: R93/65D/4 Umsetzung = 16% Konzentrat = 88 l / Permeat = 17 l						Versuch: R93/65D/5 Umsetzung = 17% Konzentrat = 86,5 l / Permeat = 18,5 l					Versuch: R93/65D/6 Umsetzung = 19% Konzentrat = 85 l / Permeat = 20 l				
	Originalmost =100%	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %
Dichte	1,0765	1,0915	100,2	1,0005	0,1	100,3	1,0918	98,9	1,0004	0,1	98,9	1,0921	97,5	1,0002	0,0	97,5
Ges.-Extrakt g/l	204,9	244,7	100,1	5,9	0,5	100,6	245,5	98,7	5,6	0,5	99,2	246,3	97,3	5,1	0,5	97,8
Zucker g/l	172,4	206	100,1	0,3	0,0	100,2	206	98,4	0,3	0,0	98,5	208	97,7	0,3	0,0	97,7
pH-Wert	3,2	3,0		4,2			2,9		4,10			3,1		3,8		
Leitfähigkeit µS/cm	3100	3030		110			3120		80			3110		100		
Ges.-Säure g/l	12,6	14,7	97,8	n.n.	0,0	97,8	14,7	96,1	n.n.	0,0	96,1	14,7	94,4	n.n.	0,0	94,4
Weinsäure g/l	7,1	8,22	97,0	n.n.	0,0	97,0	8,2	95,1	n.n.	0,0	95,1	8,2	93,5	n.n.	0,0	93,5
Äpfelsäure g/l	5,5	6,5	98,6	n.n.	0,0	98,6	6,5	97,4	n.n.	0,0	97,4	6,6	97,1	n.n.	0,0	97,1
fl. Säure g/l	0,43	0,30		0,43			0,38		0,40			0,32		0,40		
freie SO2 mg/l	10	10	83,8	11	17,8	101,6	12	98,9	10	17,6	116,5	11	89,0	13	24,8	113,8
gesamte SO2 mg/l	68	70	86,3	2	0,5	86,8	73	88,4	5	1,3	89,7	80	95,2	4	1,1	96,4
Asche g/l	3,96	4,18	88,5	n.n.	0,0	88,5	4,31	89,7	n.n.	0,0	89,7	4,31	88,1	n.n.	0,0	88,1
Natrium mg/l	25	30	100,6	1	0,6	101,2	28,8	94,9	1	0,4	95,3	29,1	94,2	0	0,3	94,5
Kalium mg/l	1304	982	63,1	23	0,3	63,4	1006	63,6	19	0,3	63,8	985	61,1	17	0,2	61,4
Calcium mg/l	138	163	99,0	4	0,5	99,5	176	105,1	5	0,6	105,7	181	106,2	2	0,3	106,5
Magnesium mg/l	78	91	97,8	1	0,2	98,0	95	100,3	1	0,2	100,6	96	99,6	n.n.	0,0	99,6
Eisen mg/l	0,7	0,8	95,8	n.n.	0,0	95,8	0,8	94,1	n.n.	0,0	94,1	1,1	127,2	n.n.	0,0	127,2
Kupfer mg/l	0,22	0,28	106,7	n.n.	0,0	106,7	0,29	108,6	n.n.	0,0	108,6	0,3	110,4	n.n.	0,0	110,4

Tab. A5: Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung der Mostinhaltsstoffe eines **93er Riesling-Mostes** und die Verlustbilanzierung bei der Konzentrierung von Traubenmost unter Einsatz einer Polyamidmembran mit einer nominellen Trenngrenze von **100-Dalton / Vergleiche Nr. 4 bis Nr. 6**

	Vergleich Nr. 4						Vergleich Nr. 5					Vergleich Nr. 6				
	Originalmost =100%	Konzentrat- most	Versuch: R93/100D/4 Umsetzung = 15% Konzentrat = 89 l / Permeat = 16 l				Versuch: R93/100D/5 Umsetzung = 17% Konzentrat = 87 l / Permeat = 18 l					Versuch: R93/100D/6 Umsetzung = 18% Konzentrat = 86 l / Permeat = 19 l				
			R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %	Konzentrat- most	R %	Permeat	P %	WF %
Dichte	1,0765	1,0917	101,6	1,0040	0,8	102,4	1,0907	98,2	1,0033	0,7	99,0	1,0926	99,1	1,0022	0,5	99,7
Ges.-Extrakt g/l	204,9	245,2	101,4	15,0	1,1	102,5	242,6	98,1	12,9	1,1	99,2	247,6	99,0	10,0	0,9	99,9
Zucker g/l	172,4	200	98,3	9,1	0,8	99,1	206	99,0	6,5	0,6	99,7	205	97,4	4,2	0,4	97,8
pH-Wert	3,2	3,0		3,5			3,1		3,4			3,2		3,3		
Leitfähigkeit µS/cm	3100	2980		590			3110		530			3100		550		
Ges.-Säure g/l	12,6	14,6	98,2	0,7	0,8	99,1	14,6	96,0	0,7	1,0	97,0	14,1	90,6	0,7	1,1	91,6
Weinsäure g/l	7,1	8	95,5	0,3	0,6	96,1	8	93,4	0,3	0,7	94,1	7,5	85,5	0,2	0,5	86,0
Äpfelsäure g/l	5,5	6,6	100,9	0,4	1,1	102,1	6,6	99,4	0,4	1,2	100,7	6,6	97,1	0,4	1,4	98,5
fl. Säure g/l	0,43	0,28		0,42			0,30		0,41			0,35		0,38		
freie SO2 mg/l	10	10	84,8	12	18,3	103,0	12	99,4	13	22,3	121,7	10	81,0	15	28,6	109,5
gesamte SO2 mg/l	68	70	87,3	9	2,0	89,3	72	87,7	12	3,0	90,8	77	91,7	6	1,7	93,3
Asche g/l	3,96	4,15	88,8	n.n.	0,0	88,8	4,25	88,9	n.n.	0,0	88,9	4,3	87,9	n.n.	0,0	87,9
Natrium mg/l	25	30,1	102,1	3	2,0	104,0	27,5	91,1	5	3,1	94,2	28	90,7	3	1,9	92,6
Kalium mg/l	1304	884	57,5	155	1,8	59,3	963	61,2	143	1,9	63,1	945	58,7	135	2,0	60,6
Calcium mg/l	138	157	96,4	6	0,7	97,1	173	103,9	7	0,9	104,7	175	102,7	8	1,1	103,8
Magnesium mg/l	78	88	95,6	3	0,6	96,2	92	97,7	3	0,7	98,4	93	96,5	2	0,5	97,0
Eisen mg/l	0,7	0,8	96,9	n.n.	0,0	96,9	0,8	94,7	n.n.	0,0	94,7	1,1	127,2	n.n.	0,0	127,2
Kupfer mg/l	0,22	0,29	111,7	0,01	0,7	112,4	0,28	105,5	0,01	0,8	106,2	0,26	95,7	n.n.	0,0	95,7

Tab. A7: Analysendaten von **93er Müller-Thurgau-Weinen** aus Anreicherungsversuchen
Vergleich Nr. 2

		Vergleich Nr. 2				
Versuch:		MT/93/K/2	MT/93/S/2	MT/93/65D/2	MT/93/100D/2	MT/93/250D/2
Anreicherung:		Kontrolle	Saccharose	UO-65-Dalton	UO-100-Dalton	UO-250-Dalton
Umsetzung:		--	--	C = 18 %	C = 18 %	C = 22 %
Dichte		0,9953	0,9944	0,9948	0,9947	0,9947
Refraktionszahl		36,49	40,84	42,36	42,42	42,43
Leitfähigkeit	µS/cm	1818	1638	1932	1817	1737
vorh. Alkohol	g/l	79,2	92,6	95,9	96,3	96,3
	%vol	10,0	11,8	12,1	12,2	12,2
Gesamtalkohol	g/l	82,6	96,9	100,3	100,6	100,8
	%vol	10,5	12,3	12,7	12,8	12,8
Gesamtextrakt	g/l	22,7	25,6	27,8	27,7	27,7
zuckerfr. Extrakt	g/l	16,5	16,4	19,4	19,3	19,1
Restextrakt	g/l	5,1	5,0	6,6	6,6	5,7
Zucker n.d.Inv.	g/l	7,2	9,2	9,4	9,4	9,6
pH-Wert		3,2	3,2	3,3	3,3	3,2
Gesamtsäure	g/l	5,2	5,4	5,9	6,0	6,1
flüchtige Säure	g/l	0,50	0,54	0,50	0,47	0,42
Weinsäure	g/l	3,3	3,1	2,1	2,2	3,0
L-Äpfelsäure	g/l	0,7	1,2	3,2	2,8	2,7
WS/ÄS-Verhältnis		4,71	2,58	0,66	0,79	1,11
L-Milchsäure	g/l	1,30	1,20	0,06	0,31	0,13
Zitronensäure	g/l	0,03	0,06	0,13	0,13	0,14
Glycerin	g/l	4,0	4,8	5,2	5,4	5,2
ges. SO ₂	mg/l	143	140	163	148	142
fr. SO ₂	mg/l	40	41	39	41	34
Asche ber.	g/l	1,72	1,74	2,20	2,05	1,95
Kalium	mg/l	832	780	1015	917	815
Natrium	mg/l	25	24	31	29	29
Calcium	mg/l	64	62	73	70	67
Magnesium	mg/l	93	92	116	116	116
Chlorid	mg/l	16	16	20	19	16
Nitrat	mg/l	3	3	3	3	3
Phosphat	mg/l	582	518	437	635	626
Sulfat	mg/l	122	136	158	148	183
Eisen	mg/l	0,67	0,73	0,94	0,83	0,87
Kupfer	mg/l	0,18	0,18	0,14	0,12	0,32
Zink	mg/l	1,03	1,04	1,31	1,37	1,53
Gesamtphenole	mg/l	308	356	358	354	352
Kolloide	mg/l	210	253	286	267	263

Tab. A8: Analysendaten von **93er Müller-Thurgau-Weinen** aus Anreicherungsversuchen
Vergleich Nr. 3

		Vergleich Nr. 3			
Versuch:		MT/93/K/3	MT/93/S/3	MT/93/65D/3	MT/93/100D/3
Anreicherung:		Kontrolle	Saccharose	UO-65-Dalton	UO-100-Dalton
Umsetzung:		--	--	C = 19 %	C = 18 %
Dichte		0,9945	0,9907	0,9918	0,9926
Refraktionszahl		36,66	38,58	41,15	39,64
Leitfähigkeit	µS/cm	1864	1588	2010	1967
vorh. Alkohol	g/l	81,7	96,6	104,0	94,4
	%vol	10,4	12,2	12,7	12,0
Gesamtalkohol	g/l	83,4	97,4	105,9	96,1
	%vol	10,6	12,3	13,4	12,2
Gesamtextrakt	g/l	20,1	17,5	21,8	21,6
zuckerfr. Extrakt	g/l	16,5	16,7	18,7	18,9
Restextrakt	g/l	3,6	4,6	5,2	6,3
Zucker n.d.Inv.	g/l	4,6	1,8	4,1	3,7
pH-Wert		3,2	3,3	3,4	3,4
Gesamtsäure	g/l	6,4	5,5	6,0	6,2
flüchtige Säure	g/l	0,52	0,48	0,57	0,52
Weinsäure	g/l	3,3	2,8	2,6	2,3
L-Äpfelsäure	g/l	2,7	1,2	2,8	2,9
WS/ÄS-Verhältnis		1,22	2,33	0,93	0,79
L-Milchsäure	g/l	0,09	0,95	0,07	0,03
Zitronensäure	g/l	0,12	0,06	0,14	0,14
Glycerin	g/l	4,8	5,8	6,1	6,1
ges.SO ₂	mg/l	131	119	151	149
fr. SO ₂	mg/l	31	36	32	30
Asche ber.	g/l	1,81	1,65	2,33	2,17
Kalium	mg/l	852	715	1111	988
Natrium	mg/l	24	23	29	27
Calcium	mg/l	73	58	67	69
Magnesium	mg/l	98	95	122	188
Chlorid	mg/l	11	13	14	14
Nitrat	mg/l	2	3	3	3
Phosphat	mg/l	561	587	682	662
Sulfat	mg/l	131	117	148	149
Eisen	mg/l	0,84	0,7	1,23	1,03
Kupfer	mg/l	0,16	0,10	0,11	0,13
Zink	mg/l	1,06	1,06	1,39	1,44
Gesamtphenole	mg/l	311	307	378	348
Kolloide	mg/l	218	263	286	285

Tab. A9: Analysendaten von **93er Müller-Thurgau-Weinen** aus Anreicherungsversuchen
Vergleich Nr. 5

		Vergleich Nr. 5				
Versuch:		R/93/K/5	R/93/S/5	R/93/65D/5	R/93/100D/5	R/93/250D/5
Anreicherung:		Kontrolle	Saccharose	UO-65-Dalton	UO-100-Dalton	UO-250-Dalton
Umsetzung:		--	--	C = 17 %	C = 17 %	C = 19 %
Dichte		0,999	0,9967	0,9972	0,9974	0,9965
Refraktionszahl		38,56	42,21	42,25	42,13	41,89
Leitfähigkeit	µS/cm	2100	1898	2080	2000	1925
vorh. Alkohol	g/l	75,0	90,6	89,4	88,5	90,4
	%vol	9,5	11,5	11,3	11,2	11,4
Gesamtalkohol	g/l	79,5	95,1	94,1	93,2	94,4
	%vol	10,1	12,1	11,9	11,8	12,0
Gesamtextrakt	g/l	30,6	30,3	32,5	31,6	30,0
zuckerfr. Extrakt	g/l	21,7	21,8	23,3	22,5	22,3
Restextrakt	g/l	6,3	5,7	7,5	6,4	6,7
Zucker n.d.Inv.	g/l	9,6	9,5	10,2	10,1	8,7
pH-Wert		3,0	3,0	3,2	3,1	3,0
Gesamtsäure	g/l	9,5	9,5	9,2	9,8	9,4
flüchtige Säure	g/l	0,55	0,38	0,58	0,56	0,36
Weinsäure	g/l	4,8	4,6	3,4	3,9	4,1
L-Äpfelsäure	g/l	4,0	3,9	5,0	4,8	4,0
WS/ÄS-Verhältnis		1,20	1,18	0,68	0,81	1,03
L-Milchsäure	g/l	0,3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Zitronensäure	g/l	0,17	0,18	0,20	0,20	0,20
Glycerin	g/l	5,4	5,9	6,3	6,0	6,2
ges.SO ₂	mg/l	121	141	129	130	115
fr. SO ₂	mg/l	31	29	31	32	28
Asche ber.	g/l	2,11	2,09	2,33	2,21	2,12
Kalium	mg/l	809	501	880	808	562
Natrium	mg/l	23	23	28	26	25
Calcium	mg/l	94	91	96	100	92
Magnesium	mg/l	81	79	96	96	98
Chlorid	mg/l	14	14	17	16	13
Nitrat	mg/l	4	4	6	5	4
Phosphat	mg/l	498	500	545	547	515
Sulfat	mg/l	241	219	265	264	261
Eisen	mg/l	0,84	0,86	0,80	0,79	1,14
Kupfer	mg/l	0,23	0,17	0,16	0,19	0,31
Zink	mg/l	0,85	0,84	1,14	1,04	1,29
Gesamtphenole	mg/l	269	270	310	302	321
Kolloide	mg/l	250	259	292	285	279

**Tab. A10: Analysendaten von 93er Müller-Thurgau-Weinen aus Anreicherungsversuchen
Vergleich Nr. 6**

		Vergleich Nr. 6			
Versuch:		R/93/K/6	R/93/S/6	R/93/65D/6	R93/100D/6
Anreicherung:		Kontrolle	Saccharose	UO-65-Dalton	UO-100-Dalton
Umsetzung:		--	--	C = 19 %	C = 18 %
Dichte		0,9961	0,9938	0,9939	0,9944
Refraktionszahl		0,42	41,06	40,51	41,50
Leitfähigkeit	µS/cm	2200	1901	2030	1994
vorh. Alkohol	g/l	76,9	95,0	93,3	94,6
	%vol	9,7	12,0	11,8	12,0
Gesamtalkohol	g/l	78,2	96,5	95,5	96,3
	%vol	9,9	12,2	12,1	12,2
Gesamtextrakt	g/l	23,9	23,9	24,5	26,3
zuckerfr. Extrakt	g/l	21,8	21,7	22,9	23,7
Restextrakt	g/l	6,0	5,2	7,0	6,9
Zucker n.d.Inv.	g/l	3,1	3,2	2,6	3,6
pH-Wert		3,0	3,0	3,1	3,1
Gesamtsäure	g/l	10,0	9,8	9,6	10,1
flüchtige Säure	g/l	0,31	0,32	0,42	0,40
Weinsäure	g/l	5,0	4,8	3,5	4,2
L-Äpfelsäure	g/l	4,0	3,8	4,8	4,8
WS/ÄS-Verhältnis		1,25	1,26	0,73	0,88
L-Milchsäure	g/l	0,08	0,02	0,01	n.n.
Zitronensäure	g/l	0,14	0,17	0,20	0,20
Glycerin	g/l	5,1	6,0	6,4	6,6
ges.SO ₂	mg/l	113	95	130	114
fr. SO ₂	mg/l	28	38	31	30
Asche ber.	g/l	2,26	2,12	2,26	2,25
Kalium	mg/l	634	604	687	669
Natrium	mg/l	24	23	28	27
Calcium	mg/l	97	89	96	99
Magnesium	mg/l	80	79	98	99
Chlorid	mg/l	14	15	17	17
Nitrat	mg/l	4	4	5	5
Phosphat	mg/l	480	452	486	543
Sulfat	mg/l	207	184	235	248
Eisen	mg/l	1,01	1,01	1,07	1,08
Kupfer	mg/l	0,2	0,13	0,11	0,12
Zink	mg/l	1,06	0,88	1,17	1,09
Gesamtphenole	mg/l	284	175	320	318
Kolloide	mg/l	275	316	309	320

Tab. A11: Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung sowie Permeatanalyse eines **94er Spätburgunder QbA / Weißherbst**

	Vergleich Nr.2				
	SB/94/S/2 Most gezuckert	SB/94/UO/2 Most konzentriert (C = 19,1%)	R (%)	SB/94/P/2 Permeat	P (%)
Refraktionszahl	96,96	97,5	-	14,79	-
Dichte 20/20	1,0849	1,0859	-	1,0004	-
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	2710	3290	-	239	-
Gesamtextrakt g/l	227,2	229,8	-	5,7	-
Zucker v. Inv. g/l	155	185	-	0,3	-
Zucker n. Inv. g/l	190	187	-	0,4	-
pH-Wert g/l	2,9	2,9	-	4,06	-
Gesamtsäure g/l	14,7	17,9	99	0,2	0,3
Weinsäure g/l	7,6	9,4	100	0,03	0,1
L-Äpfelsäure g/l	9,8	11,9	98	0,2	0,4
Zitronensäure g/l	0,7	1	115	n.n.	0,0
freie SO_2 mg/l	7	7	80	3	8,0
gesamte SO_2 mg/l	18	20	90	4	4,2
Asche g/l	3,63	4,41	98	-	-
Kalium mg/l	1579	1850	958	62	0,8
Natrium mg/l	4,7	6	103	3,3	4,5
Calcium mg/l	83	102	100	10	2,3
Magnesium mg/l	50	68	110	1,5	0,5
Eisen mg/l	0,35	0,43	99	n.n.	0,0
Kupfer mg/l	1,6	2,1	103	0,05	0,6
Zink mg/l	1,25	1,64	106	0,12	1,8
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	21,1	27,8	107	0,6	0,5
Gesamtphenole mg/l	354	470	107	-	-
Farbe E 420	0,257	0,353	-	-	-
E 520	0,409	0,555	-	-	-
Farbintensität	0,66	0,91	-	-	-

Tab. A12: Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung sowie Permeatanalyse eines **94er Riesling QbA / Weißmost**

	Vergleich Nr. 4				
	R/94/S/4 Most gezuckert	R/94/UO/4 Most konzentriert (C = 15,5%)	R (%)	R/94/P/4 Permeat	P (%)
Refraktionszahl	99,9	101,55	-	15,01	-
Dichte 20/20	1,0882	1,0902	-	1,0009	-
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	2250	2560	-	387	-
Gesamtextrakt g/l	235,9	241,2	-	7,0	-
Zucker v. Inv. g/l	190	190	-	1	-
Zucker n. Inv. g/l	204	195	-	1	-
pH-Wert g/l	2,5	2,5	-	3,4	-
Gesamtsäure g/l	16,4	19,8	102	0,5	0,5
Weinsäure g/l	11,2	13,4	101	0,14	0,2
L-Äpfelsäure g/l	8,3	9,9	99	0,4	0,7
Zitronensäure g/l	0,5	0,5	85	n.n.	0,0
freie S ₀₂ mg/l	4	3,5	74	2	7,8
gesamte S ₀₂ mg/l	14	14	85	3	3,3
Asche g/l	3,07	3,52	97	-	-
Kalium mg/l	1207	1373	96	100	1,3
Natrium mg/l	5	6	101	0,9	2,8
Calcium mg/l	109	129	100	19	2,7
Magnesium mg/l	64	80	106	2,5	0,6
Eisen mg/l	0,45	0,65	121	n.n.	0,0
Kupfer mg/l	1,7	2,1	104	0,04	0,4
Zink mg/l	0,66	0,81	103	0,1	2,3
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	5,3	11,3	115	0,6	1,7
Gesamtphenole mg/l	184	217	100	-	-

Tab. A13: Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung sowie Permeatanalyse eines **94er Portugieser QbA / Rotmost**

	Vergleich Nr. 5				
	P/94/S/5 Most gezuckert	P/94/UO/5 Most konzentriert (C = 27,8%)	R (%)	P/94/P/5 Permeat	P (%)
Refraktionszahl	100,57	100,03	-	14,96	-
Dichte 20/20	1,0879	1,0923	-	1,0003	-
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	3680	5040	-	314	-
Gesamtextrakt g/l	235,1	246,8	-	5,4	-
Zucker v. Inv. g/l	135	179	-	0,5	-
Zucker n. Inv. g/l	200	185	-	0,5	-
pH-Wert g/l	3,4	3,3	-	4,4	-
Gesamtsäure g/l	10,3	14,4	101	0,2	0,5
Weinsäure g/l	8,2	11,4	100	0,04	0,1
L-Äpfelsäure g/l	7,2	9,8	98	0,19	0,7
Zitronensäure g/l	0,9	0,8	64	n.n.	0,0
freie S ₀₂ mg/l	7	9	93	2	8,0
gesamte S ₀₂ mg/l	19	24	91	3	4,4
Asche g/l	5,04	6,72	96	-	-
Kalium mg/l	2183	2432	80	105	1,3
Natrium mg/l	12	14	84	0,8	1,9
Calcium mg/l	150	210	101	13	2,4
Magnesium mg/l	87	125	103	1,5	0,5
Eisen mg/l	5,5	8,5	111	n.n.	0,0
Kupfer mg/l	1,9	2,75	104	0,03	0,4
Zink mg/l	3,75	4,89	94	0,1	0,7
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	30,5	44	104	0,4	0,4
Gesamtphenole mg/l	1307	1838	101	-	-
Farbe E 420	2,138	2,938	-	-	-
E 520	2,481	3,481	-	-	-
Farbintensität	4,62	6,42	-	-	-

Tab. A14: Analysendaten von Mosten aus Saccharose- und Umkehrosioseanreicherung sowie Permeatanalyse eines **94er Bacchus QbA / Weißmost**

	Vergleich Nr. 6				
	B/94/S/6 Most gezuckert	B/94/UO/6 Most konzentriert (C = 24,8%)	R (%)	B/94/P/6 Permeat	P (%)
Refraktionszahl	100,78	100,02	-	15,02	-
Dichte 20/20	1,089	1,0884	-	1,0006	-
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	2890	3520	-	399	-
Gesamtextrakt g/l	238,0	236,4	-	6,2	-
Zucker v. Inv. g/l	152	175	-	0,9	-
Zucker n. Inv. g/l	209	180	-	0,9	-
pH-Wert g/l	3,2	3,1	-	4,05	-
Gesamtsäure g/l	11,0	14,5	99	0,4	0,9
Weinsäure g/l	5,6	7,4	99	0,04	0,2
L-Äpfelsäure g/l	7,5	9,6	96	0,31	1,0
Zitronensäure g/l	0,5	0,3	45	n.n.	0,0
freie SO ₂ mg/l	13	12,5	72	3	6,7
gesamte SO ₂ mg/l	51	53	78	3	1,5
Asche g/l	3,83	4,78	94	-	-
Kalium mg/l	1760	1951	83	124	1,5
Natrium mg/l	11	17,5	122	2,2	5,0
Calcium mg/l	107	136	96	10	2,3
Magnesium mg/l	80	103	97	1,5	0,5
Eisen mg/l	8,0	10,5	99	n.n.	0,0
Kupfer mg/l	3,4	4,4	97	0,04	0,3
Zink mg/l	1,44	1,85	97	0,08	1,4
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	21,9	25,8	96	n.n.	0,0
Gesamtphenole mg/l	369	456	93	-	-

Tab. A15: Analysendaten von 94er Versuchsweißen aus Saccharose- und Umkehrosmoseanreicherung / **Vergleiche Nr. 2, 4, 5 und 6**

Versuch: Anreicherung: Umsetzung:	Vergleich Nr. 2		Vergleich Nr. 4		Vergleich Nr. 5		Vergleich Nr. 6	
	SB/94/S/2 Saccharose	SB/94/VO/2 VO C = 19,1 %	R/94/S/4 Saccharose	R/94/VO/4 VO C = 15,5 %	P/94/S/5 Saccharose	P/94/VO/5 VO C = 27,8 %	B/94/S/6 Saccharose	B/94/VO/6 VO C = 24,8 %
Dichte 20/20	0,9945	0,9955	0,9916	0,9922	0,9930	0,9973	0,9933	0,9949
Refraktionszahl	39,88	35,47	38,96	39,38	40,43	41,79	41,36	40,65
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	2030	2300	1517	1573	2410	3310	2020	2470
vorh. Alkohol g/l	90,1	88,9	95,2	94,8	95,5	87,9	97,1	91,1
vol%	11,4	11,3	12,1	12,0	12,1	11,1	12,3	11,5
Gesamtalkohol g/l	90,1	89,3	95,2	94,8	96,2	89,3	98,2	91,4
vol%	11,4	11,3	12,1	12,0	12,2	11,3	12,4	11,6
Gesamtextrakt g/l	24,8	26,9	19,3	20,7	23	31,2	24,4	26,2
zuckerfr. Extrakt g/l	24,8	26,0	19,3	20,7	21,6	28,3	22,0	25,6
Restextrakt g/l	9,1	10,4	3,5	4,7	9,4	15,2	7,4	10,9
Zucker n.l. g/l	1	1,9	1	1	2,4	3,95	3,4	1,6
pH-Wert g/l	3,3	3,3	3,1	3,1	3,8	3,9	3,4	3,6
Gesamtsäure g/l	9,2	9,1	9,5	9,6	5,3	6,1	7,8	8,0
Weinsäure g/l	1,7	1,2	3,9	1,8	1,5	1,8	1,9	1,3
L-Äpfelsäure g/l	7,5	8,8	5,4	5,8	3,8	1,0	5,7	7,3
WS/ÄS-Verhältnis	0,23	0,14	0,72	0,31	0,39	1,80	0,33	0,18
Zitronensäure g/l	1,4	1,7	0,6	0,4	0,6	n.n.	n.n.	0,8
fr. SO ₂ mg/l	49	56	56	52	30	37	76	59
ges. SO ₂ mg/l	124	141	109	113	141	142	171	176
Asche g/l	2,21	2,57	1,55	1,63	2,79	3,96	2,31	2,83
Kalium mg/l	889	887	647	576	1531	1815	1140	1212
Natrium mg/l	5,8	6,3	5,3	6,0	8,9	11,8	10,5	16,6
Calcium mg/l	174	241	118	181	136	130	166	257
Magnesium mg/l	63	75	78	98	93	118	82	109
Eisen mg/l	0,7	0,8	0,9	1,3	3,9	7,7	6,8	8,0
Kupfer mg/l	0,05	0,08	0,05	0,03	0,05	0,03	0,12	0,03
Zink mg/l	1,42	1,60	0,73	0,65	3,25	4,63	1,48	1,81
Blei $\mu\text{g/l}$	6,9	8,4	n.n.	n.n.	11,3	14,5	7,8	8,8

Tab. A16: Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung von Mostinhaltsstoffen eines **95er Ehrenfelser**-Mostes bei der Konzentrierung durch UO und NF **Vergleich Nr. 1**

	Vergleich Nr. 1								
	EF/95/K/1	EF/95/NF/1	R	Permeat	P	EF/95/UO/1	R	Permeat	P
	Ausgangs-most	Most konzentriert (C = 23,2%)	%	NF	%	Most konzentriert (C = 20,8%)	%	UO	%
Ref.-Zahl	88,60	107,91	-	21,46	-	106,55	-	14,94	-
Dichte 20/20	1,0775	1,0962	-	1,0093	-	1,095	-	1,0013	-
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	3450	3440	-	2420	-	3580	-	238	-
Gesamtextrakt g/l	207,5	257,2	96	28,8	3,2	254,0	97	8,0	0,8
zuckerfr. Extrakt g/l	36,5	41,7	88	18,3	11,4	47,5	103	5,6	3,2
Zucker n.l. g/l	171,0	215,5	97	10,5	1,4	206,5	96	2,4	0,3
pH-Wert g/l	2,9	3,0	-	2,8	-	2,9	-	3,4	-
Gesamtsäure g/l	13,6	14,6	83	8,4	14,1	16,8	98	0,3	0,5
Weinsäure g/l	9,7	11	88	3,7	8,7	11,8	97	0,12	0,3
L-Äpfelsäure g/l	9,5	9,7	79	7,8	18,7	11,5	96	0,14	0,3
Zitronensäure g/l	0,35	0,35	77	0,1	6,5	0,4	91	n.n.	0,0
flüchtige Säure g/l	0,09	0,09	77	-	-	0,08	71	-	-
Glycerin mg/l	1,1	1,3	93	-	-	1,4	101	-	-
fr. S02 mg/l	4	4	77	3	17,1	4	79	3	15,4
ges. S02 mg/l	16	19	92	4,5	6,4	19	94	3	3,9
Asche ber. g/l	4,38	4,88	86	1,32	6,9	5,03	91	n.n.	0,0
Kalium mg/l	1780	2007	87	801	10,3	1999	89	36	0,4
Natrium mg/l	11,5	13	87	5,3	10,5	14	97	1,5	2,7
Calcium mg/l	108	132	94	19	4,0	127	93	13	2,5
Magnesium mg/l	80	99	96	5	1,4	100	99	2	0,5
Eisen mg/l	0,4	0,5	96	n.n.	0,0	0,5	99	n.n.	0,0
Kupfer mg/l	0,7	1,1	121	0,1	3,3	1,15	131	0,03	0,9
Zink mg/l	2,13	2,64	96	0,31	3,3	2,72	101	0,05	0,5
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	17,5	27,9	123	2,3	3,0	19,1	87	1,7	2,0
Chlorid mg/l	1,25	1,35	83	0,85	15,5	1,55	99	0,4	6,6
Phosphat mg/l	225	273	94	57	5,8	298	105	n.n.	0,0
Gesamtphenole mg/l	228	269	91	13	1,3	268	93	6	0,5

Tab. A17: Die mengenmäßige und prozentuale Veränderung von Mostinhaltsstoffen eines **95er Riesling**-Mostes bei der Konzentrierung durch UO und NF **Vergleich Nr. 3**

	Vergleich Nr. 3									
	R/95/K/3	R/95/NF/3	R	Permeat	P	R/95/UO/1	R	Permeat	P	
	Ausgangs-most	Most konzentriert (C = 21,7%)	%	NF	%	Most konzentriert (C = 19,1%)	%	UO	%	
Ref.-Zahl	89,1	106,08	-	22,76	-	104,56	-	14,63	-	
Dichte 20/20	1,0776	1,0938	-	1,0105	-	1,0928	-	1,0009	-	
Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$	3610	3240	-	2690	-	3610	-	269	-	
Gesamtextrakt g/l	207,8	250,8	95	31,9	3,3	248,1	97	7,0	0,6	
zuckerfr. Extrakt g/l	39,8	46,6	92	19,9	10,8	44,1	90	5,4	2,6	
Zucker n.l. g/l	168	204,2	95	12	1,5	204	98	1,6	0,2	
pH-Wert g/l	2,8	2,9	-	2,8	-	2,8	-	3,5	-	
Gesamtsäure g/l	12,5	13,4	84	9,5	16,5	15,0	97	0,3	0,5	
Weinsäure g/l	10,4	12,1	91	4,7	9,8	13,3	104	0,09	0,2	
L-Äpfelsäure g/l	9,6	10,2	83	7,6	17,1	11,9	100	0,11	0,2	
Zitronensäure g/l	0,3	0,3	78	0,1	7,2	0,35	94	n.n.	0,0	
flüchtige Säure g/l	0,14	0,15	84	-	-	0,14	81	-	-	
Glycerin mg/l	0,9	1,2	107	-	-	1,1	101	-	-	
fr. S02 mg/l	12	13	85	4	7,2	12	81	6	9,5	
ges. S02 mg/l	44	53	94	4	2,0	53	98	6	2,6	
Asche g/l	4,62	5,02	85	1,72	8,1	5,12	90	n.n.	0,0	
Kalium mg/l	1654	1572	74	798	10,4	1688	83	22	0,3	
Natrium mg/l	9,5	10,5	87	5,2	11,9	12	102	0,9	1,8	
Calcium mg/l	117	150	100	25	4,6	145	100	18	2,9	
Magnesium mg/l	89	111	98	2	0,5	109	99	3	0,6	
Eisen mg/l	0,6	0,75	98	n.n.	0,0	0,75	101	n.n.	0,0	
Kupfer mg/l	0,55	0,8	114	0,09	3,5	0,8	118	0,04	1,4	
Zink mg/l	1,94	2,39	97	0,24	2,7	2,45	102	0,09	0,9	
Blei $\mu\text{g}/\text{l}$	6,4	11	135	0,8	2,7	10,2	129	0,8	2,4	
Chlorid mg/l	1,42	1,49	82	1,0	15,2	1,7	97	0,4	5,4	
Phosphat mg/l	320	349	85	84	5,7	400	101	n.n.	0,0	
Gesamtphenole mg/l	390	437	88	28	1,6	477	99	2	0,1	

Tab. A18: Analysendaten von **95er Versuchswainen** aus Saccharose-, Nanofiltrations- und Umkehrosioseanreicherung
Vergleiche Nr. 1 und Nr. 3

Versuch: Anreicherung: Umsetzung:	Vergleich Nr. 1				Vergleich Nr. 3				
	EF/95/S/1 Saccharose	EF/95/NF/1 NF C = 23,2 %	EF/95/UO/1 UO C = 20,8 %	EF/95/SL/1 SL	R/95/S/3 Saccharose	R/95/NF/3 NF C = 21,7 %	R/95/UO/3 UO C = 19,1 %	R/95/SL/3 SL	R/95/RV/3 UO/RV C = 18,9 %
Dichte 20/20	0,9947	0,9960	0,9975	1,0015	0,9974	0,9962	0,9994	0,9982	0,9984
Ref.-Zahl	42,63	44,38	44,46	48,62	44,15	44,72	45,13	44,78	44,3
Leitfähigkeit $\mu\text{S/cm}$	2670	3080	3540	3260	2670	3600	4000	2760	3640
vorh. Alkohol g/l	96,8	98,0	94,4	94,9	93,8	97,9	91,2	93,4	91,6
vol%	12,3	12,4	12,0	12,0	11,9	12,4	11,6	11,8	11,6
Gesamtalkohol g/l	96,9	98,4	94,6	95,6	95,8	99,1	92,8	94,2	92,5
vol%	12,3	12,5	12,0	12,1	12,1	12,6	11,8	11,9	11,7
Gesamtextrakt g/l	27,9	31,7	34,1	44,6	33,6	37,8	35,2	36,0	36,3
zuckerfr. Extrakt g/l	27,7	30,9	33,6	43,1	29,2	35,3	31,7	34,2	34,3
Restextrakt g/l	11,6	13,6	15,4	24,9	12,0	17,1	14,0	17,1	16,7
Zucker n.l. g/l	1,2	1,8	1,5	2,5	5,4	3,5	4,5	2,8	3,0
pH-Wert g/l	3,5	3,7	3,7	3,6	3,4	3,7	3,7	3,5	3,7
Gesamtsäure g/l	9,1	10,0	11,0	10,1	10,3	10,6	10,8	9,8	10,4
Weinsäure g/l	3,1	3,5	3,9	4,6	3,5	3,1	3,5	2,9	3,5
L-Äpfelsäure g/l	7,4	9,8	11,9	8,5	7,8	8,3	10,1	8,9	9,9
WS/ÄS-Verhältnis	0,42	0,36	0,33	0,54	0,45	0,37	0,35	0,33	0,35
fr. S02 mg/l	65	55	49	27	27	37	35	37	39
ges. S02 mg/l	130	133	128	112	104	148	145	106	140
Asche g/l	3,21	3,82	4,40	4,14	3,22	4,53	4,70	3,35	4,50
Kalium mg/l	1599	1834	2240	-	1479	2188	2460	-	-
Natrium mg/l	9,6	13,2	13,7	-	8,2	9,9	10,9	-	-
Calcium mg/l	129	126	126	-	101	88	102	-	-
Magnesium mg/l	85	104	103	-	92	117	117	-	-
Eisen mg/l	1,6	1,6	1,5	-	2,0	2,3	2,3	-	-
Kupfer mg/l	0,12	0,09	0,07	-	0,01	n.n.	0,01	-	-
Zink mg/l	1,90	2,26	2,06	-	1,64	1,90	1,88	-	-
Blei $\mu\text{g/l}$	12,1	21,9	21,6	-	7,7	12,2	10,6	-	-

Danksagungen

Ich danke allen, die zum Gelingen dieser Arbeit in irgendeiner Weise beigetragen haben.

Die vorliegende Arbeit wurde im Fachgebiet Kellerwirtschaft des Institutes für Weinbau und Rebenzüchtung der Forschungsanstalt Geisenheim im Rahmen eines Forschungsauftrages des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Ernährung und Forsten angefertigt und finanziell unterstützt, wofür ich mich an dieser Stelle bedanken möchte.

Herrn Dr. F. Zürn danke ich für die Überlassung des Themas und das mir damit entgegengebrachte Vertrauen.

Frau Prof. Dr. M. Christmann und Frau Prof. Dr. I. Bitsch danke ich für die Übernahme des Referates.

Allen Mitarbeitern des Fachgebietes Kellerwirtschaft sowie Herrn Andreas Guth danke ich für die Mitarbeit und die hilfsbereite Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der experimentellen Untersuchungen.

Ebenso gilt mein Dank den Mitarbeitern des Fachgebietes Weinanalytik und Getränkeforschung, unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Dietrich, für die Unterstützung bei der analytischen Untersuchung.

Danken möchte ich auch den Firmen Strassburger, Millipore, und Sartorius für die kostenlose Bereitstellung der Pilotanlagen und Hilfsmittel, die damit die praktische Versuchsdurchführungen ermöglicht haben.

Mein Dank gilt auch meinen Eltern und meinen Schwestern, die sich durch viel Geduld und Verständnis ausgezeichnet haben.

Ganz besonders bedanke ich mich jedoch bei meiner Frau Dunja, die mir in schwierigen Phasen aufmunternden Beistand leistete und mir dadurch immer wieder neue Kraft gegeben hat.

Lebenslauf

- Persönliche Daten:** Bernhard Diel
geboren am 26.06.1964 in 55234 Biebelnheim
verheiratet, 2 Kinder
- Schulbildung:** 1970 - 1974 Grundschule in 6509 Gau-Odernheim
1974 - 1979 Hauptschule in 6509 Gau-Odernheim
1979 - 1981 Berufsfachschule Wirtschaft in Alzey / Sekundarabschluß 1
- Berufsausbildung:** 1981 - 1983 Winzerlehre 1. Lehrjahr in 6741 Hainfeld a.d.W.
2. Lehrjahr in 6509 Framersheim
1983 Abschlußprüfung als Winzer
- Weiterbildung:** 1983 - 1985 berufsbildende Schule Weinbau in Oppenheim
1985 Abschluß / staatlich geprüfter Wirtschaftler
- Wehrdienst:** 1985 April bis Juni Grundausbildung zum Nachschubsoldat
1985 - 1986 Nachschubkompanie 740 in Mainz
- Fachabitur:** 1986 - 1987 Fachoberschule in Bad Kreuznach Fachrichtung Weinbau
- Studium:** 1987 - 1990 Studium der Getränketechnologie an der FH Wiesbaden
(Standort Geisenheim)
07/1990 Abschluß / Dipl. Ing. der Getränketechnologie (FH)
1990 – 1992 Aufbaustudium Oenologie an der Justus-Liebig-Universität
Gießen,
09/1992 Abschluß / Diplom-Oenologe
- Berufspraxis:** 01/ – 07/1993 Mitarbeiter bei der Fa. Begerow GmbH & Co. im
Betriebslabor
1993 - 1997 Wissenschaftlicher Angestellter und Doktorand bei der
Forschungsanstalt Geisenheim im Fachgebiet
Kellerwirtschaft
03/ - 12/ 1997 Angestellter bei Fa. Sartorius AG, Göttingen als Technical
Support im Bereich Getränkefiltration
seit 12/1997 Sartorius AG, Göttingen als Leiter Prozeßentwicklung in
der Sparte Separationstechnik