

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 feinporige 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 angebaut wurden.

Die angereicherten Weißweine aller Vergleiche wurden, zur besseren sensorischen Vergleichbarkeit, durch Entsäuerung auf ein einheitliches Säureniveau eingestellt. Bei den Rotweinen, die in der SLVA Neustadt angebaut 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 angebaut 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.

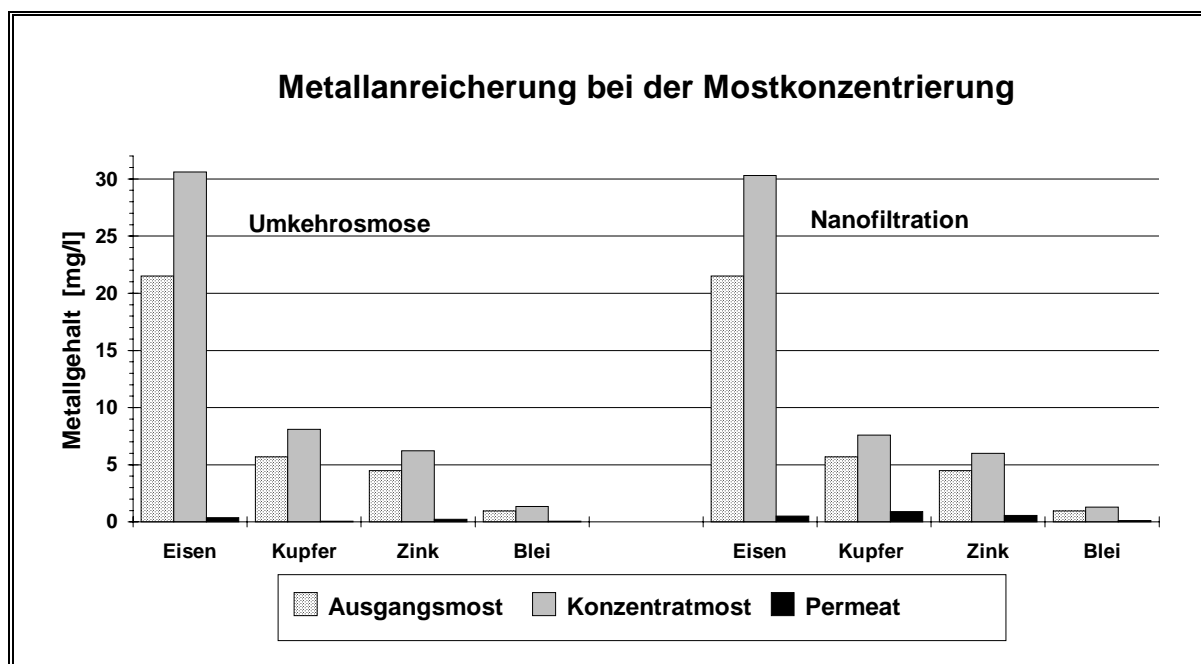
Außerdem wurde dem Most vor der Anreicherung Eisen, Kupfer, Zink und Blei zugesetzt, damit die Gehalte in den mittleren Meßbereichen für die analytische Bestimmung liegen.

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 betrugen 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

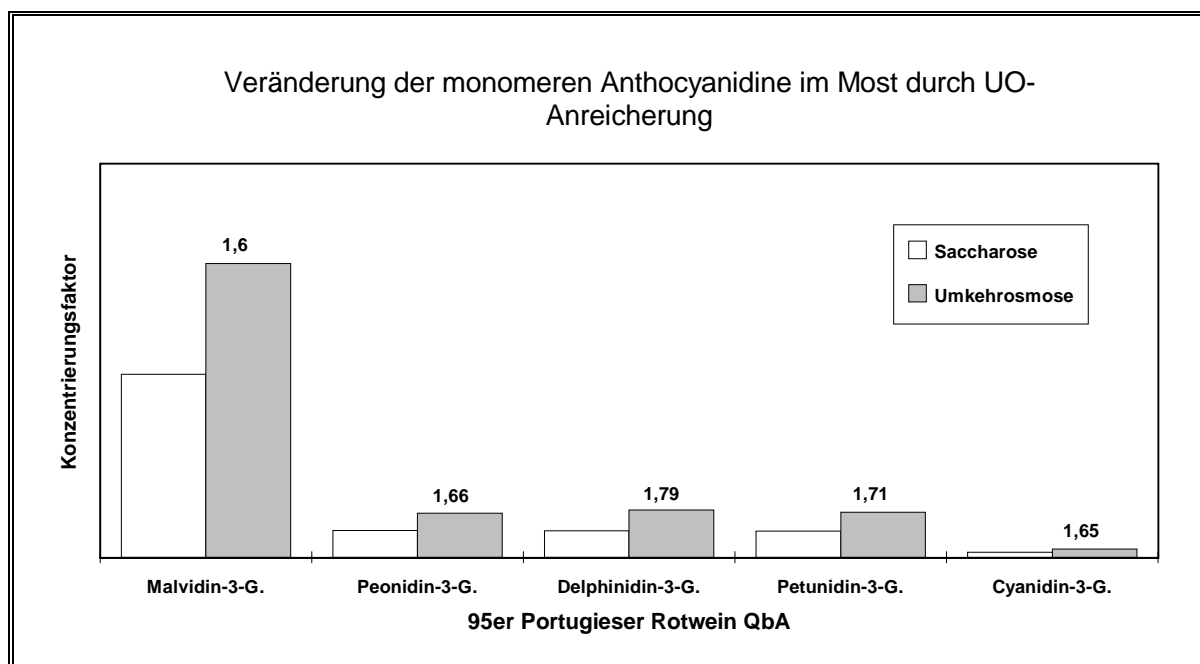
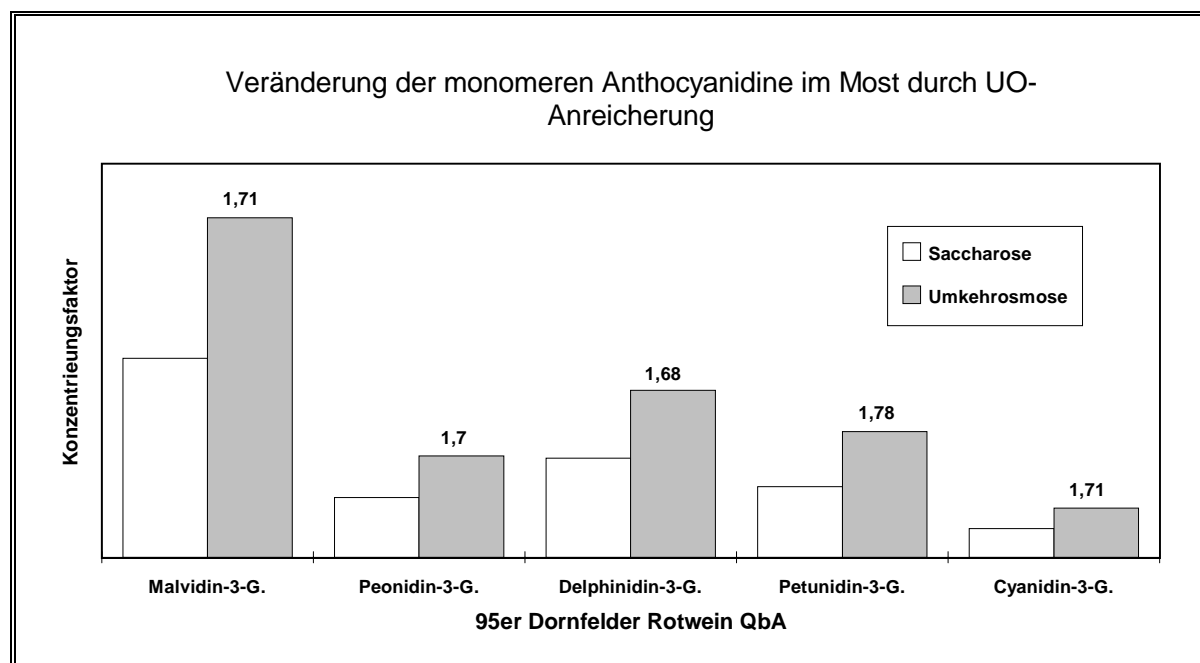


Abb. 15: Die relativen Veränderungen von monomeren Anthocyanidinen in einem 95er Dornfelder Rotwein QbA



Aus den Umsetzungen, die beim Portugieser 33,2 % und beim Dornfelder 37 % betrugen, lassen sich die theoretischen Konzentrierungsfaktoren bei 100 %iger Rückhaltung der Farbstoffe ermitteln. Für den Portugieser 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 Ehrenfelder QbA / Rheingau

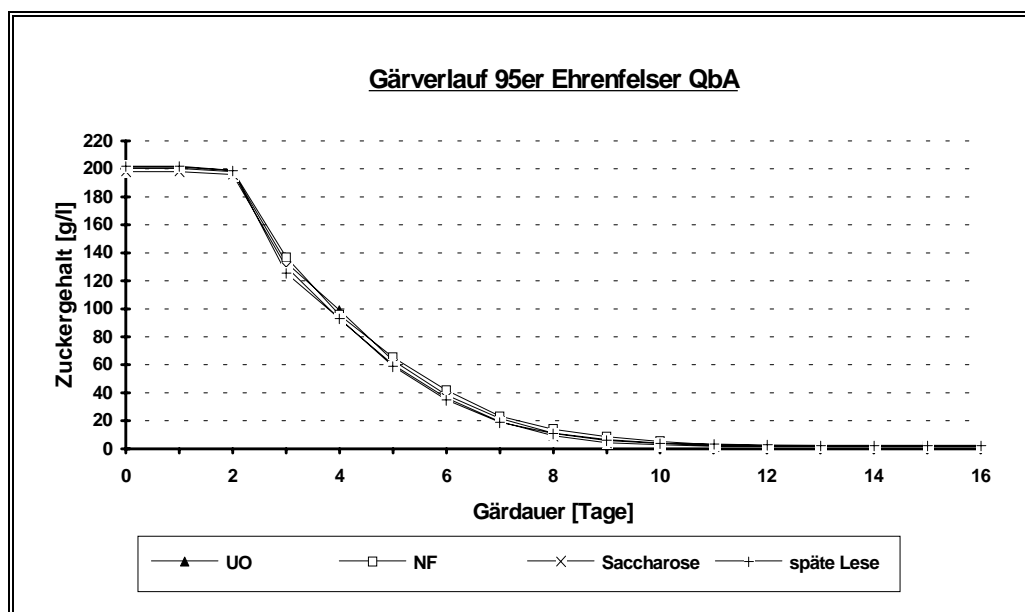
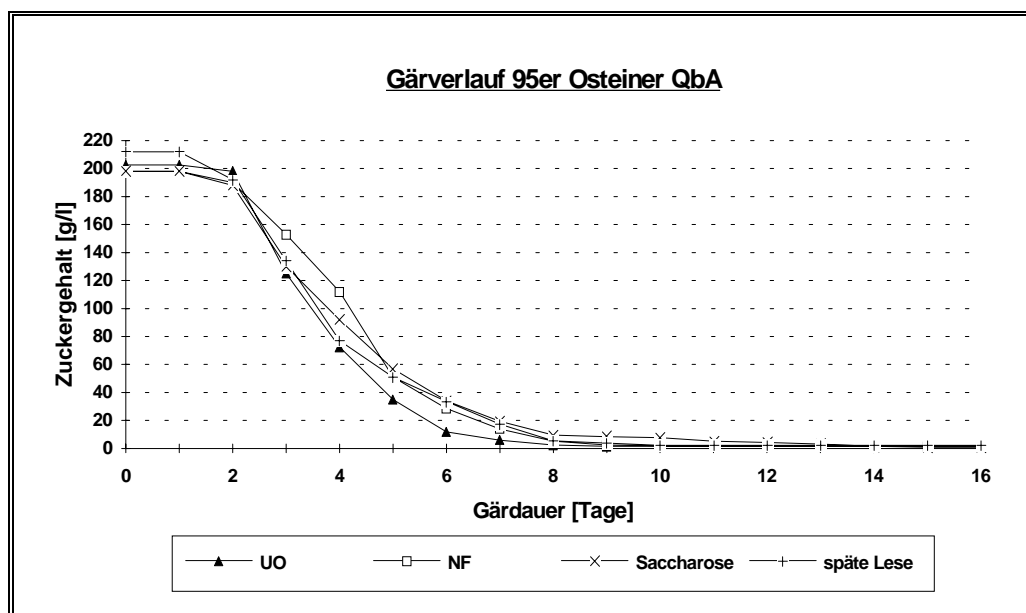


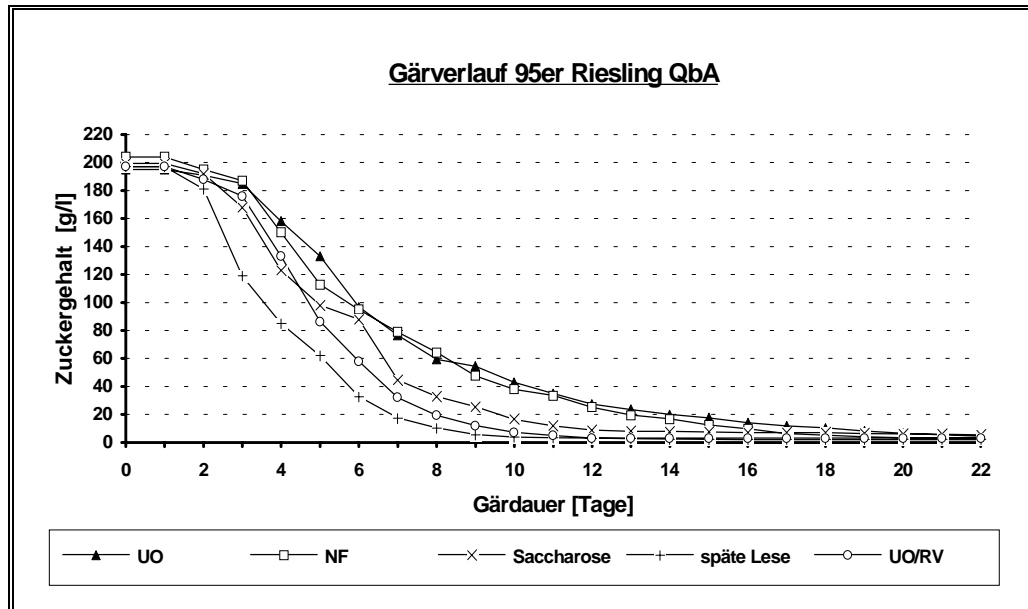
Abb. 17: Gärverlauf von Versuchsmosten nach verschiedenen Anreicherungsverfahren
Vergleich Nr. 2 / 95er Osteiner QbA / Rheingau



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 Umkehrosiose

	Vergleich Nr. 4		Vergleich Nr. 5	
Versuch:	PG/95/S/4	PG/95/UO/4	DO/95/S/5	DO/95/UO/5
Anreicherung:	Sacchaorose	Umkehrosiose	Sacchaorose	Umkehrosiose
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 angebauten 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 Versuchsweinherstellung, 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 Versuchsweinen** 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.	Einzel- probe		Doppel- probe	
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		
	Anreicherungsart		
	Umkehrosmose (CMF)	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		
	Anreicherungsart		
	Umkehrosmose (CMF)	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		
	Anreicherungsart		
	Umkehrosmose (CMF)	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.	Einzel- probe Anz.	Sign.	Doppel- probe Anz.	Sign.
1	EF/95/.../1 Ehrenfelser 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 Salzzückhaltevermögen 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 Umkehrosmosemembran; 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.

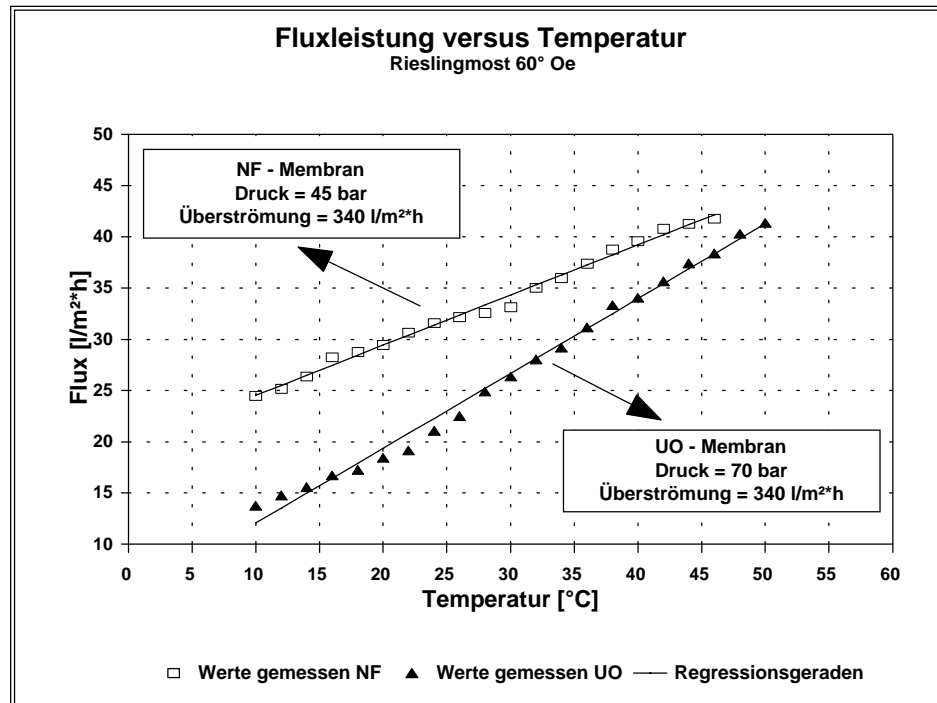
Der Einfluß unterschiedlicher Temperaturen auf die Fluxleistung wurde mit insgesamt 3 verschiedenen Mosten untersucht. Diese waren nicht geschönt und wurden vor den Versuchen mit 0,45 µm Membranen mikrofiltriert. Das Mostgewicht der Versuchsmoste betrug 60° Oe. Während der Versuche wurde das Permeat 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 Umkehrosmose- und Nanofiltrationsmembranen

	Umkehrosmose (SW30HR)			Nanofiltration (DK 2540F)		
Temperatur	Flux	Flux Regression	Flux- Steigerung	Flux	Flux Regression	Flux- Steigerung
[°C]	[l/m ² *h]	[l/m ² *h]	[% / °C]	[l/m ² *h]	[l/m ² *h]	[% / °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 Umkehrosmosemembran 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 Konzentrierungsanlage 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).

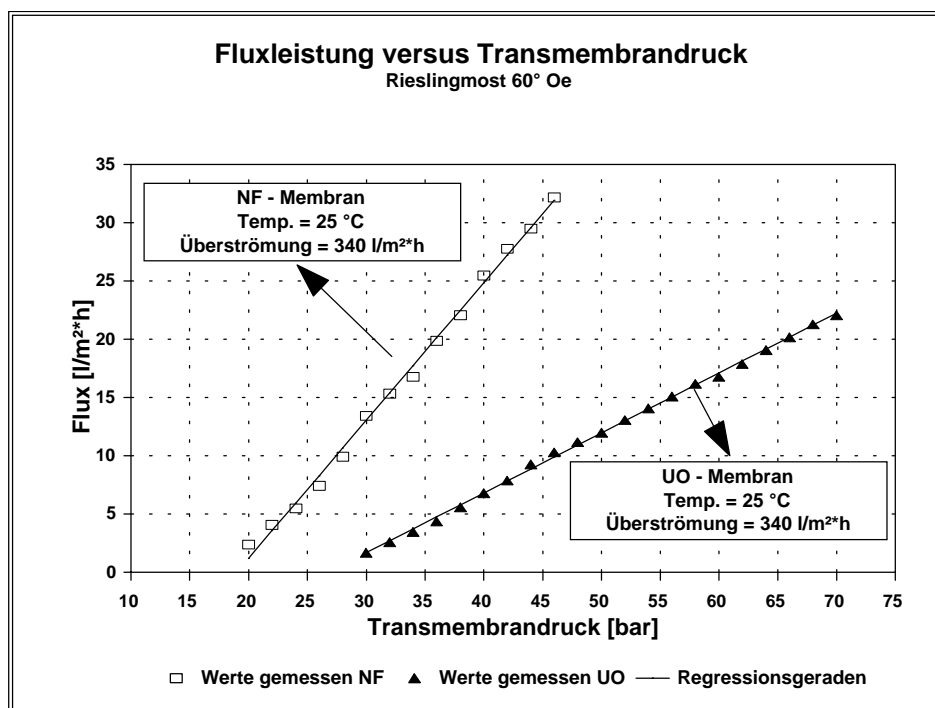
Tab. 38: Einfluß des Transmembrandruckes auf die Fluxrate

	Umkehrosmose (SW30HR)			Nanofiltration (DK 2540F)		
TMP [bar]	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



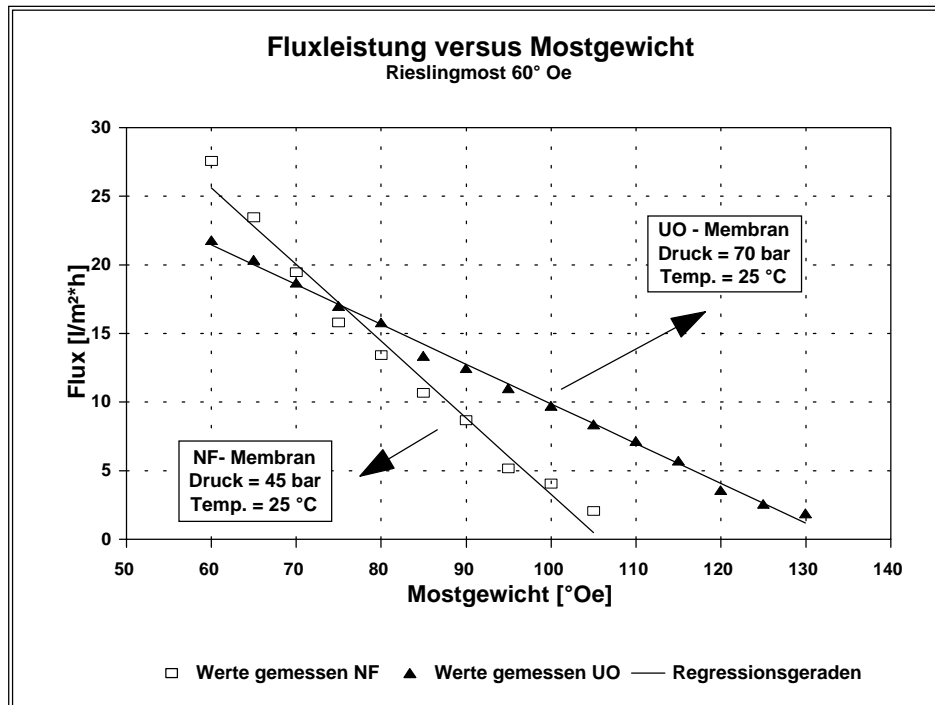
Die durch Regressionsanalysen gebildeten Geraden verlaufen in beiden Fällen fast deckungsgleich mit den Graphen der Meßwerte. Im Gegensatz zum Temperatureinfluß ist durch eine Veränderung des Transmembrandruckes bei der NF-Membran eine stärkere Leistungsveränderung als bei der UO-Membran zu erkennen. 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 UF-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

	Umkehrosmose (SW30HR)			Nanofiltration (DK 2540F)		
MG [°Oe]	Flux [l/m²*h]	Flux Regression [l/m²*h]	Flux- Rückgang [% / 5°Oe]	Flux [l/m²*h]	Flux Regression [l/m²*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).

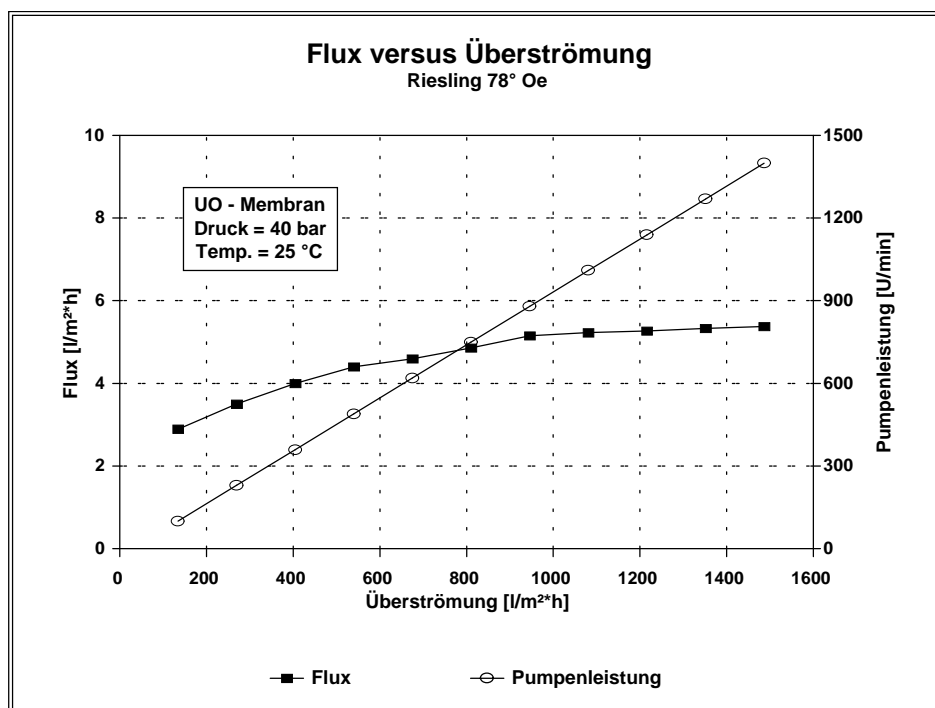
Ebenso wie bei der Druckerhöhung war bei der Mostgewichtserhöhung die Steigung der Fluxkurve der NF-Membran (= -0,56) etwa doppelt so hoch wie die der UO-Membran (= -0,29).

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 Ehrenfelder, 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**

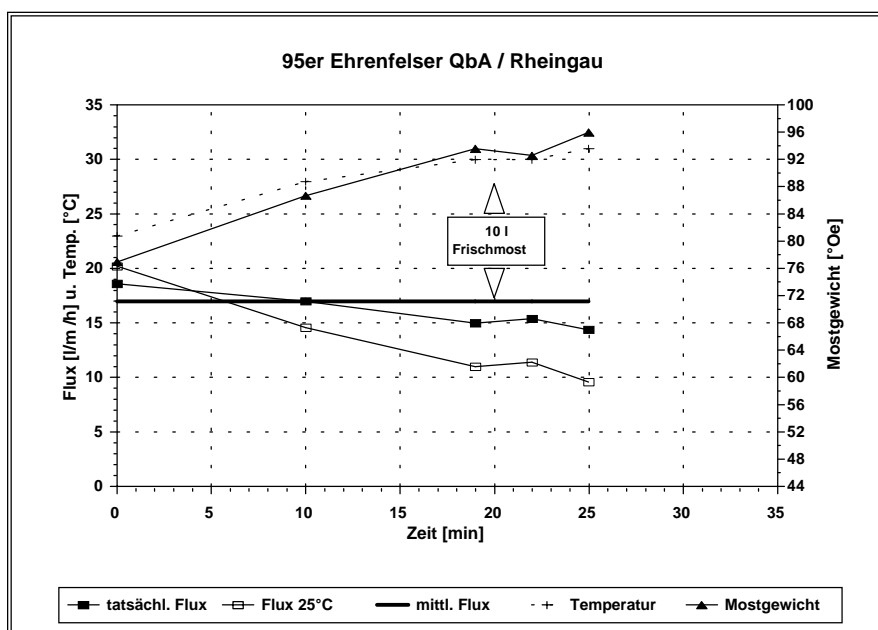


Abb. 24: Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung
Druck 70 bar / **Vergleich Nr. 2**

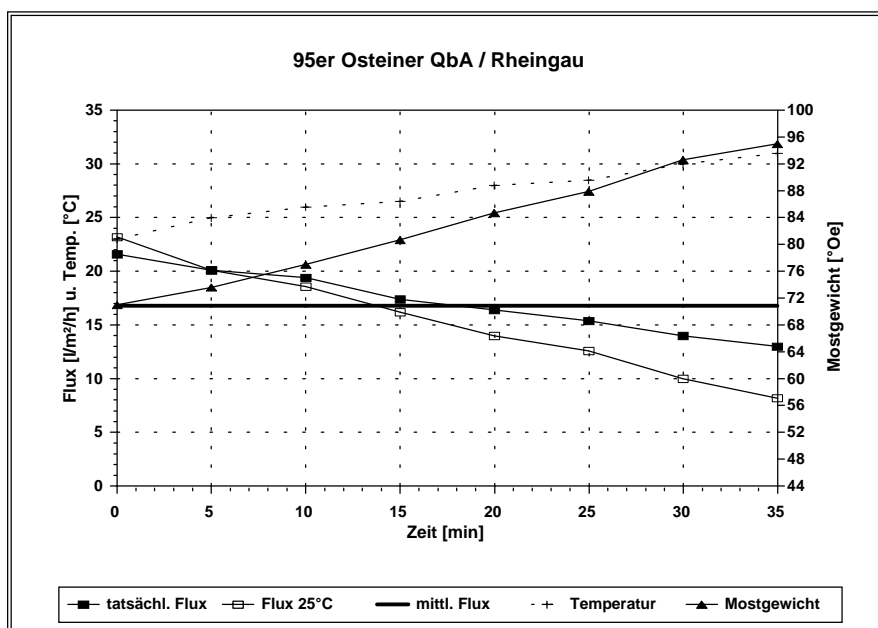
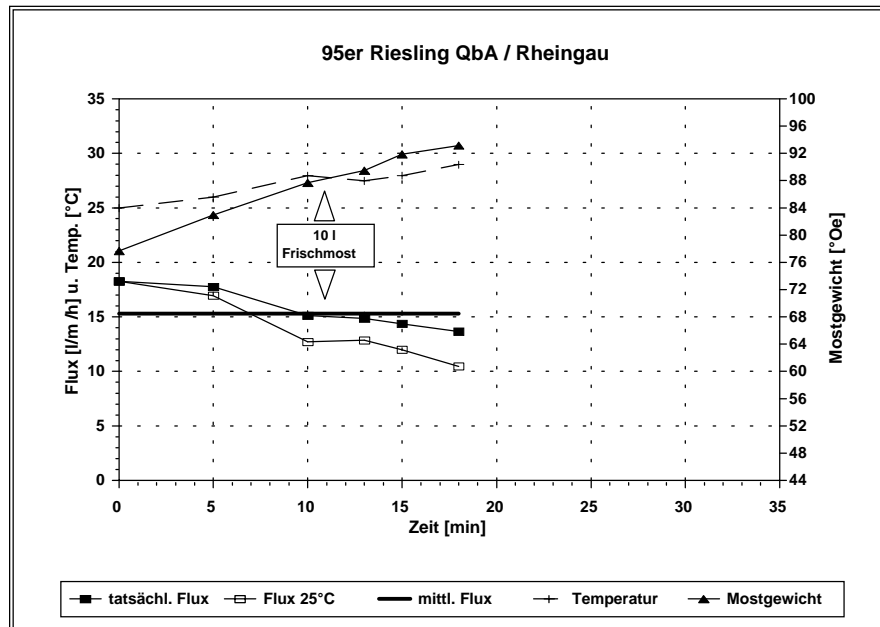


Abb. 25: Permeatflux, Mostgewichts- und Temperaturverlauf bei der UO-Anreicherung
Druck 70 bar / **Vergleich Nr. 3**



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) von bis	Temperatur (°C) von bis	Ø Flux gemessen (l/m ² *h)	Ø Flux bei 25 °C (l/m ² *h)
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 Weinstenausfall 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 Umkehrosmoseanlagen bei der Kostenberechnung wurde daher eine mittlere realisierbare Fluxleistung von 12 l/m²*h angenommen.