

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 Weinhaltstoffe 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 Hefenähersalz (30g/hl) den Gär Schwierigkeiten entgegen gewirkt werden kann. Trotz einer relativ hohen Gärtemperatur von 19°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 Hefenähersalz, 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 Umkehrosmose- (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 Salzzückhaltevermögen 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 (= Salzzückhaltung 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 (= Salzzurückhaltung 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 (= Salzzurückhaltung 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 Umkehrosmose- 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 daß 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 Anreicherungsstufen 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 Anreicherungsstufen 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 Ertragsreibleiche, 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 Umkehrosmoseanreicherung 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 Saccharosanreicherung 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 Umkehrosmose 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 Hektarhöchstserträge 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.