

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 Konzentrierungsgrad 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 Äpfelsäurefluxes 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 "rauen 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) beinhaltete, 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 niederer 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 DITSCHAEVER, 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 Ditschaever stellt nach einer Verkostung mit geübten Prüfern eine deutliche Qualitätssteigerung der so hergestellten Weine fest.

Nach Ditschaever 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 Celulloseacetatmembran mit einem Salzurückhaltevermögen 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.