

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Analysenmethoden

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2 Versuchsbeschreibung

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

4.2.1 Versuchsanlage 1993

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.2 Aufbau der Versuche 1993

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

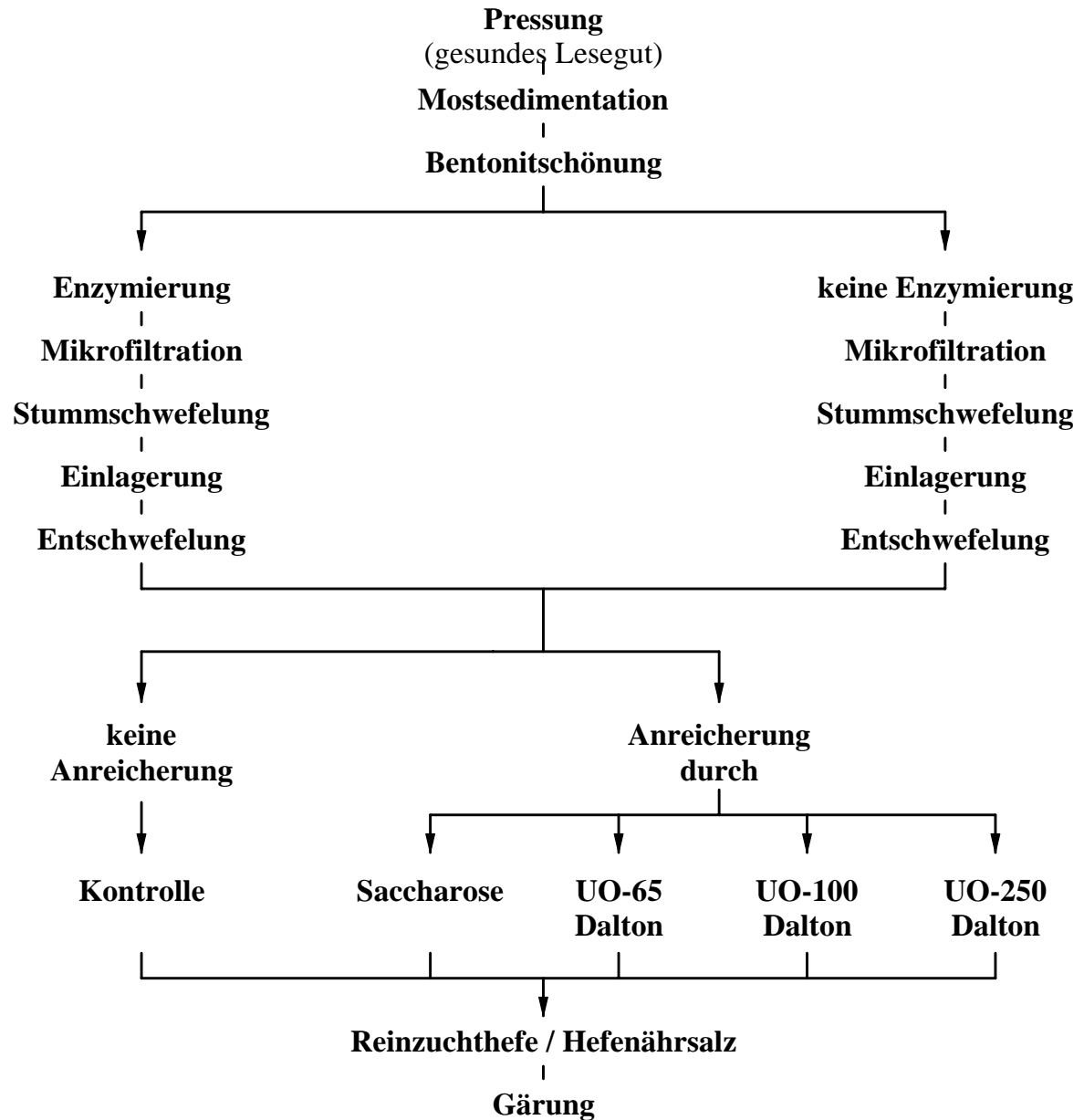
Das gesunde Lesegut wurde gepreßt und die Moste innerhalb von 12 Stunden Sedimentationszeit vorgeklärt. Dann erfolgte eine Eiweißstabilisierung mit 400 g/hl Mostbentonit um bei der späteren Entschwefelung Problemen durch Schaumbildung vorzubeugen. Um den Einfluß des enzymatischen Aufschlusses auf die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

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

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

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

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



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

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

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

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

Nach der Anreicherung wurden die Moste in 50 l Glasballons im Versuchsmaßstab vergoren und ausgebaut. Da aufgrund der intensiven Vorbehandlung Gärprobleme zu erwarten waren, wurde eine relativ hohe Menge Reinzuchthefer (25 g/hl) sowie Hefenährsalz bis zur gesetzlich festgelegten Höchstmenge von 30 g/hl zugesetzt. Nach der Gärung wurden die Weine zum ersten Abstich mit 100 mg/l SO_2 versetzt.

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

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

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

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

4.2.3 Versuchsanlage 1994

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

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

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

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

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

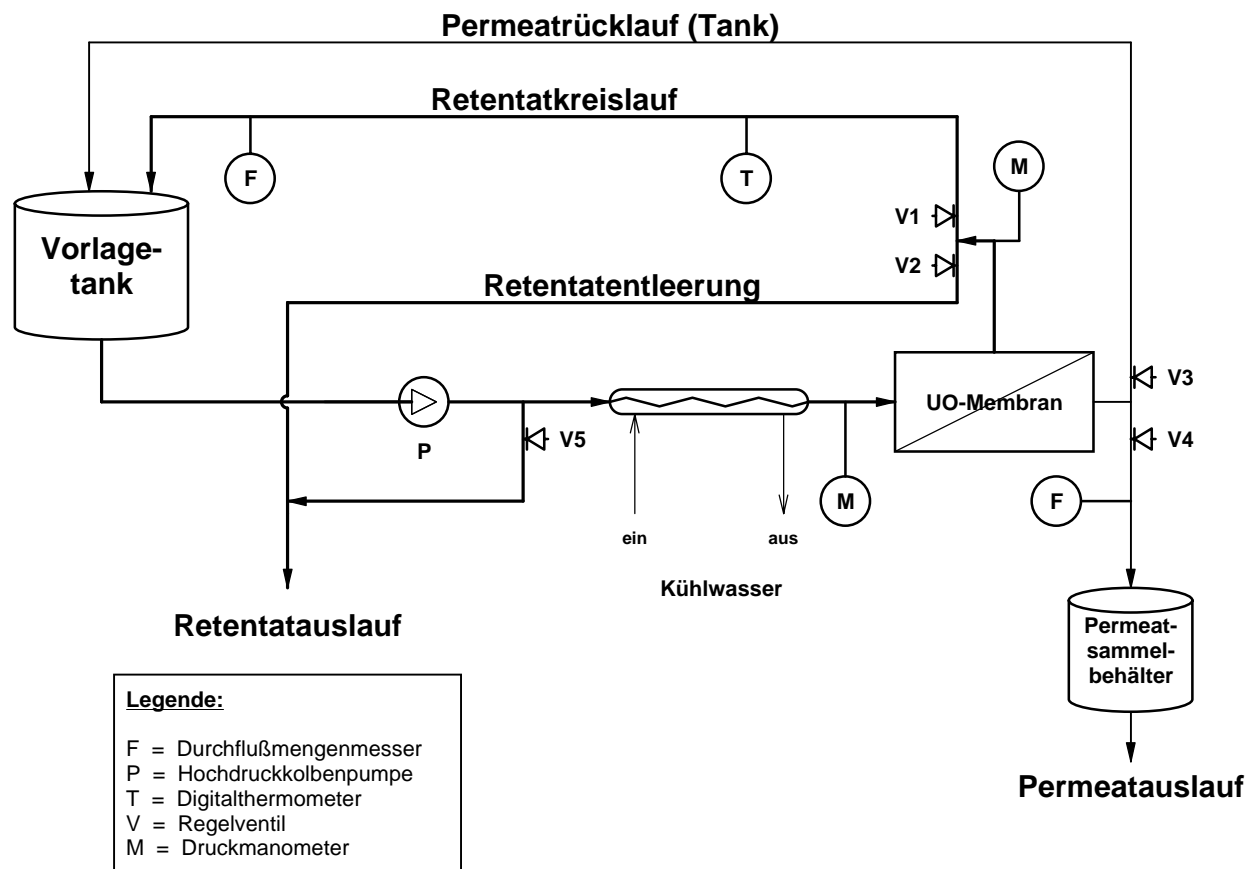
Abb. 7: Fließschema der Pilotanlage in der Herbstkampagne 94/95

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

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

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

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

4.2.4 Aufbau der Versuche 1994

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.5 Versuchsanlage 1995

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.6 Aufbau der Versuche 1995

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

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

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

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

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

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

Die Vorbehandlung und deren Bezeichnung gestaltete sich wie folgt:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.3 Sensorische Beurteilung

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Kostenvergleichsrechnung

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4.1 Grundlagen für die Kostenkalkulation bei Saccharoseanreicherung

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

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

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

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

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

4.4.2 Grundlagen für die Kostenkalkulation bei Umkehrosmoseanreicherung

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

4.4.2.1 Auslegung der Kapazitäten der UO-Konzentrierungsanlagen

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

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

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

Bei der Auslegung der UO-Anlagen wurde eine durchschnittliche Fluxleistung von $12 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$, eine mittlere Anreicherungsspanne von 3 % vol (von 9 auf 12 % vol) und eine durchschnittliche Permeatmenge von 25 % des Ausgangsmostes zugrunde gelegt. Dieser Mittelwert wurde aus den elf Versuchsanreicherungen im Herbst 1995 sowie aus Vorversuchen ermittelt. Ein Versuch mit einem italienischen Muskateller, bei dem der Most nicht mit einem Crossflowfilter vorgeklärt wurde, zeigte, daß diese angenommene mittlere Fluxrate auch dann noch realistisch ist (siehe Kap. 3.1).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4.2.2 Kapitalkosten

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

Die Kapitalkosten gliedern sich in Abschreibungs- und Zinskosten.

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

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

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

4.4.2.3 Personalkosten

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

4.4.2.4 Wartungs- und Reparaturkosten

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

4.4.2.5 Materialkosten

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

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

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

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

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

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

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

4.4.2.6 Kosten für Energie und Wasser

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

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

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

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