ATW-Bericht 147

Jörg Weiand
Norbert Breier

Flotation in Winzerbetrieben

ATW

ATW – Ausschuss für Technik im Weinbau

Deutscher Weinbauverband + Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
+ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft

Einsatz der Flotation in Winzerbetrieben

Jörg Weiand
Norbert Breier

Abschlussbericht zum ATW-Vorhaben 147

Durchführung

DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück
Wormser Straße 111 · D-55276 Oppenheim

KTBL–Titel: I/11
Förderjahre: 2004 und 2005
Förderländer: Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz

Eine ATW-Berater-Information

ATW-Vorstand

Vorsitzender
Peter Jost + Hahnenhof
Oberstraße + D-55422 Bacharach
Tel.: +49 (0) 6743/1216 + Fax: +49 (0) 6743/1076
eMail: tonijost@debitel.net

2. und Geschäftsführender Vorsitzender
Dr. Rainer Jung
Forschungsanstalt Geisenheim + Fachgebiet Kellerwirtschaft
Blaubachstraße 19 + D-65366 Geisenheim
Tel.: +49 (0) 6722/502-177 + Fax:+49 (0) 6722/502-170
eMail: r.jung@fa-gm.de

Dr. Jürgen Dietrich
Staatsweingut Meersburg + D-88701 Meersburg
Tel.: +49 (0) 7532/4467-10 + Fax: +49 (0) 7532/4467-17
eMail: JD@Staatsweingut-Meersburg.de

ATW-Beirat

Obmann
MinR Hermann Fischer
Minist. für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau
PF 3269 + Bauhofstraße 4 + D-55116 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131/16-5252 + Fax:+49 (0) 6131/16-175252
eMail: Hermann.Fischer@mwvlw.rlp.de

Geschäftsführer
Dr. Albrecht Achilles (bis 08/2009)
KTBL + Bartningstraße 49 + D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-139 + Fax:+49 (0) 6151/7001-204
eMail: a.achilles@ktbl.de

Christian Reinhold (seit 09/2009)
KTBL + Bartningstraße 49 + D-64289 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151/7001-151 + Fax:+49 (0) 6151/7001-123
eMail: c.reinhold@ktbl.de

© 2009 by Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 + D-64289 Darmstadt,
Tel.: +49 (0) 6151/7001-0 + Fax:+49 (0) 6151/7001-123 +, Internet: www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, (BMELV) sowie des Deutschen Weinbauverbandes (DWV). Nachdruck, auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf Datenträger und Übersetzung nur mit Genehmigung des ATW.

Redaktion
Dr. Albrecht Achilles, Christian Reinhold, KTBL

Titelbild: Flotationsbecken mit Flotationsanlage (Foto: Verfasser, s. Abb. 4)

Printed in Germany.

Inhaltsangabe Seite

1	Einleitung	5
2	Analysemethoden	6
2.1	Bestimmung des Schleudertrubes (Gew. %)	6
2.2	Bestimmung des Trübungsgrades mittels nephelometrischer NTU-Messung	6
2.3	Bestimmung der Gesamtphenole (Folin-Ciocalteau)	6
2.4	Wein- und Most-Routineanalytik mittels FT-MIR Spektrometrie	6
2.5	Bestimmung der Polyphenole mittels HPLC-Dioden Array Detektor (DAD) / UVVIS	7
2.6	Bestimmung der Monoterpene und der flüchtigen Phenole	7
2.7	Bestimmung der Stickstoffversorgung der Moste anhand des Ferm-N-Werts	7
3	Technische Prinzipien der Flotation	8
3.1	Kontinuierliche Flotation in Flotationsbecken	11
3.2	Kreislaufflotation	12
3.3	Kombination von Separator und Flotation	12
3.4	Mostvorbereitung, Gelatinezusatz und Flotation	13
4	Technische Ausführungen der Flotationsanlagen	15
4.1	Gaszufuhr	17
4.2	Gasdurchmischung	20
4.3	Eckrohrsiebe	21
4.4	Dosagepumpen	22
4.5	Entnahmeventile	22
4.6	Kriterien der Bedienung	23
4.7	Typentabelle	23
	Kreiselpumpen	24
	Excenterschneckenpumpen	33

5	Kostenbetrachtung	38
6	Material und Methoden	41
7	Ergebnisse	44
7.1	Einfluss der Flotation auf den Vorklärgrad	44
7.2	Einfluss der Flotation auf die Gehalte an flüchtiger Säure	45
7.3	Einfluss der Flotation auf die Polyphenolzusammensetzung	45
7.4	Phenolreduktion durch Flotation mit Luft nach starker mechanischer Lesegutbelastung und nach Maischestandzeit	50
7.5	Einfluss der Flotation auf den Gehalt an flüchtigen Phenolen (Vinylphenol, Vinylgujacol)	51
7.6	Einfluss der Flotation auf die Monoterpengehalte	52
7.7	Einfluss des Flotationsgases auf Aromenausprägung bei Sauvignon blanc	54
7.8	Einfluss der Flotation auf den Stickstoffgehalt der Moste	56
7.9	Flotation von Rosé/Weißherbst-Mosten	57
7.10	Flotation erhitzter Rotmoste	57
7.11	Weitere Verwendungsmöglichkeiten der Flotationsanlagen	59
7.12	Verkostungsergebnisse	60
8	Diskussion und Schlussfolgerung	65
9	Zusammenfassung	68
10	Literatur	69
11	Anhang	71

1 Einleitung

Zur Erzielung fruchtiger Weine nach gezügelter Gärung ist eine starke Mostvorklärung unter 0,6 Gew. % Resttrubgehalt (Seckler et. al., 2000) als entscheidende Voraussetzung zu sehen. Neben der klassischen Sedimentation können zur Mostvorklärung Separator, Vakuumdrehfilter, Kammerfilterpresse und die Flotation genutzt werden. Bei der Sedimentation können in Jahren mit hohen Mosttemperaturen und bei faulem Lesegut durch zu frühe beginnende Gäraktivität mitunter nur unzureichende Vorklärgrade erzielt werden. Zu hohe Mostmengen müssen dann mit der Kammerfilterpresse aufgearbeitet werden. Diese Problematik kann durch Kühlen der Moste verbessert werden. Beim Separator kann durch die mechanische Belastung Feinsttrub entstehen, der den Gärverlauf und die Weinqualität negativ beeinflusst.

Die Flotation zeigt ihre Vorteile gerade bei warmen Mosten in Jahren mit verstärkter Fäulnis, da innerhalb von einer Stunde schon geklärte Moste mit geringen Resttrubgehalten vorliegen können.

Ein Vorklärgrad unter 0,6 Gew. % kann durch die Flotation erreicht werden (Breier u. Weiand, 2001). Daher wird die Flotation als leistungsstarkes Vorklärverfahren auch in kleineren Winzerbetrieben zunehmend eingesetzt. Als Flotationsgas findet dabei Luft oder Stickstoff Verwendung. Mit dem Einfluss des Sauerstoffs in Form der Mostoxidation hat man sich schon seit den 70er Jahren auseinandergesetzt (Müller-Späth 1997, Schneider, V. 1998). Seit der stärkeren Verwendung der Flotation wurde diese mit alternativen Vorklärverfahren verglichen und dabei auch der Einfluss des Sauerstoffs auf Polyphenole untersucht (Pour Nikfardjam M. 2001, Könitz et.al. 2003). Die alternative Verwendung von Stickstoff als Flotationsgas (Breier und Weiand 2001) wurde dabei nur am Rande betrachtet.

Auch der Einfluss der Flotation auf den Gehalt an Monoterpenen wurde bisher nicht untersucht. Sie sind Bestandteile der Aromakomponenten für bukettbetontere Weine der Rebsorten Müller-Thurgau oder Weine aus der Traminer-Familie als auch beim Riesling und könnten durch Mostoxidation verändert werden.

Im Zuge der weiteren Etablierung dieses Vorklärverfahrens wurden in den letzten Jahren verstärkt auch kostengünstigere Anlagen mit geringeren Stundenleistungen entwickelt, mit unterschiedlicher Bau- und Funktionsweise. Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit und der Leistungsdaten sowie technischer Details war Gegenstand dieses ATW-Auftrags.

Daher wurden verschiedenste Anlagen in den Jahren 1998 bis 2005 eingesetzt, Vorklärleistung, Funktionalität und weitere Verwendungsmöglichkeiten geprüft sowie in einzelnen Versuchsanstellungen der Gehalt an Polyphenolen, Monoterpenen und flüchtigen Phenolen in Weinen der Rebsorten Müller-Thurgau, Würzer, Silvaner, Scheurebe, Sauvignon blanc, Riesling, St. Laurent, Portugieser aus den Jahrgängen 1999-2006 nach Sedimentation (16 h), Separation, Flotation mit Luft bzw. mit Stickstoff untersucht. Weiterhin wurden dabei mechanische Lesegutbelastung, Maischestandzeit, Fäulnisgrad Enzym- und Schönungsmitteleinsatz variiert.

2 Analysemethoden

2.1 Bestimmung des Schleudertrubes (Gew. %)

Der Trubgehalt in Gewichtsprozent wurde mittels einer Laborzentrifuge mit einem Trennfaktor von 4000 g ermittelt. Während der Zentrifugationsdauer von 10 min wurde der Most soweit entwässert, dass er durch weitere Zentrifugation keine Flüssigkeit mehr abgibt. Der Trub setzt sich als festes Sediment im Zentrifugenglas ab. Die Flüssigkeit wird vorsichtig entleert, wobei die Restflüssigkeit 30 sec. abtropft. Nach gravimetrischer Bestimmung des verbleibenden Zentrifugaltrubs lässt sich aus der Gewichtsdifferenz zur eingewogenen Mostmenge der Schleudertrub in Gew. % berechnen. Mit dieser Methode wird der Trubanteil bei inhomogener Verteilung der Trubpartikelgröße gut abgebildet.

2.2 Bestimmung des Trübungsgrades mittels nephelometrischer NTU-Messung

Alternativ zur aufwändigen Bestimmung des Klärgrades durch Messung des Schleudertrubes wurde auch die nephelometrische Bestimmung des Trübungsgrades herangezogen. Diese Methode ist in vielen Ländern etabliert und auch leichter durchzuführen, ergibt allerdings aufgrund der Messmethode eine andere Qualität der Aussage. Diese Methode zeigt ihre Vorteile bei sehr homogener Verteilung der Trubpartikelgröße. Gemessen wurde mit einem tragbarem Trübungsmessgerät Modell 2100P ISO von Hach. Damit lassen sich Trübungen im Bereich von 0,01 bis 1000 FNU messen. Das Gerät arbeitet nach dem nephelometrischen Prinzip der Trübungsmessung. Die Kalibrierung des Trübungsmessgerätes basiert auf Formazin-Standards.

2.3 Bestimmung der Gesamtphenole (Folin-Ciocalteau)

Der Gehalt der Gesamtphenole wurde nach der Methode Folin-Ciocalteu (SINGLETON und ROSSI, 1965) mit Modifikationen (RITTER, 1994) durch einen UV/VIS-Spektralphotometer (Beckmann Spectrophotometer DU 650) ermittelt. Die Ergebnisse werden in mg/L (+) Catechin angegeben.

Die im Wein enthaltenen Phenole werden im alkalischen Milieu mit Folin-Ciocalteu-Reagenz zu einem grün-bläulichem Farbstoff umgesetzt, der bei 750 nm vermessen wird.

Da das Reagenz mit allen in der Probe anwesenden oxidierbaren OH-Gruppen reagiert, können alle Verbindungen, stören die oxidierbare OH-Gruppen enthalten und nicht zur Gruppe der Phenole/Polyphenole gehören.

Die Messgenauigkeit wird durch im Wein enthaltenen reduzierende Stoffe wie Eisen (II)-Salze, Ascorbinsäure und Sulfit oder SO_2 weiter beeinflusst.

2.4 Wein- und Most-Routineanalytik mittels FT-MIR Spektrometrie

Ein Teil der Routineanalysen der Weine erfolgte durch die FT-MIR Spektrometrie mittels FT-MIR-Spektrometer Winescan der Firma Foss.

Diese wird seit 1998 (PATZ et al. 1999) zur quantitativen Bestimmung von Inhaltsstoffen in Weinen und Mosten eingesetzt.

Bei der FT-MIR Spektrometrie wird die Strahlung im mittleren Infrarot-Bereich (MIR) zur Messung herangezogen. Da das Infrarotspektrum einer definierten Substanz charakteristisch und unverwechselbar ist, spricht man auch von einem Fingerabdruck des Moleküls.

Dieser wird durch die FT-MIR Spektrometrie bestimmt. Das Ausmaß der Lichtabsorption ist ein Maß für die Konzentration der Substanz, so dass auch quantitative Analysen durchgeführt werden können. Die Methode eignet sich besonders für Routineanalysen und zur Qualitätssicherung in größeren Betrieben. In weniger als zwei Minuten werden etwa zwölf Analysenparameter gleichzeitig, ohne Probenvorbereitung und mit geringem Personalaufwand bestimmt. Ein umfangreicherer Material- und Methodenteil ist bei PATZ et al. (2004) zu finden. In Rheinland-Pfalz sind zurzeit die Parameter Alkohol, titrierbare Gesamtsäure und Zucker für die AP-Untersuchungen zugelassen, jedoch muss im Grenzfall immer die Referenzmethode nach VO(EWG) Nr. 2676/90 durchgeführt werden, da es sich hier um kein Referenzverfahren handelt.

2.5 Bestimmung der Polyphenole mittels HPLC-Dioden Array Detektor (DAD) / UVVIS

Die Bestimmung der farblosen Polyphenole mittels HPLC an einer fluorierten RP-Phase und Dioden Array Detektor (DAD) / UVVIS ist bei RECHNER et al. (1998) beschrieben.
Verwendet wurden ein HPLC Merck-Hitachi L-6200 A sowie ein DAD 7450 La Chrome, Pumpe 6200. Die Injektion erfolgte über einen Merck Hitachi AS 2000. Als Säule wurde eine Fluofix 120 E; 250 X 4,6 mm; 5 µm, Neos Company Ltd., Kobe, Japan und eine RP-18, Purosphere verwendet.
Die Proben wurden membranfiltriert und anschließend direkt injiziert. Das Injektionsvolumen betrug 20 µl. Mit dem verwendeten Phosphorsäure / Acetonitril-Gradient konnten während 75 Minuten eine gute Trennung der wichtigsten Polyphenole und Anthocyane erreicht werden.
Die gesamte Betriebsdauer des Gerätes betrug 90 Minuten pro Probe. Gallussäure, Tyrosol, Catechin, Epicatechin und p-Coumarsäure sind kommerziell erhältlich (Fluka Chemie AG, Schweiz). GRP (Grape-Reaction-Product = 2-S-Glutathionyl-caffeoyl-tartrat), p CGT (p-Coumaryl-glucosyl-tartrat) und Caftarsäure wurden nach Literaturangaben (RITTER, 1994) über Elutionsverhalten und UV-Spektren identifiziert. GRP und Caftarsäure wurden als Kaffeesäure, p-CGT als p-Coumarsäure berechnet.

2.6 Bestimmung der Monoterpene und der flüchtigen Phenole

Die Analyse der Monoterpene Geraniol, Linalool, Terpineol und Nerol sowie der flüchtigen Phenole erfolgte durch Mikroextraktion mit Kaltron nach Ferreira et al., 1993. Verwendet wurde dazu ein Gaschromatograph Hewlett Packard 5890, Mass Selective Detector 1972 im Selected Ion Mode.

Die flüchtigen Phenole konnten aufgrund einer fehlenden Eichgerade nur in relativen Konzentrationen angegeben werden.

2.7 Bestimmung der Stickstoffversorgung der Moste anhand des Ferm-N-Werts

Der dimensionslose Ferm-N-Wert wird zur Abschätzung des in Form von Aminosäuren organisch gebundenen, fermentierbaren Stickstoffgehaltes genutzt. Zur Zeit der Versuchsdurchführung stand die NOPA-Methode noch nicht zur Verfügung.
Für den Ferm N-Wert gelten folgenden Beurteilungskriterien:

- Ferm N-Wert kleiner als 20: Der Zusatz von Hefenährstoffen wird dringend empfohlen.
- Ferm N-Wert 20 – 25: Gefahr von Gärstörungen, besonders bei Spontanvergärung.
- Ferm N-Wert größer als 25: Die Stickstoffversorgung des Mostes wird als ausreichend eingeschätzt.

Hierbei wird vor allem Arginin gemessen. Nach einer enzymatischen Umsetzung zu Ornithin und Harnstoff, durch Urease zu NH_3. Alpha-Ketoglutarat wird durch NH_4 in Anwesenheit von NADH zu L-Glutamat umgesetzt. Die Extinktion der Lösung wird bei 340 nm im Photometer gemessen.
Im Most enthaltenes Ammonium wird zusätzlich ermittelt.

3 Technische Prinzipien der Flotation

Das Ziel einer Mostvorklärung ist die Reduktion der sogenannten „inneren Oberfläche“ um die Gärtemperatur und die Gärungsintensität zu vermindern (Gössinger, 1999). Weiterhin werden Trubbestandteile mit negativem Geschmackseinfluss auf Most und Wein entfernt. Als Zielgröße einer guten Mostvorklärung sollten Resttrubgehalte unter 0,6 Gew. % angestrebt werden (Seckler et. al., 2000).

Abbildung 1 zeigt den Einfluss des Resttrubgehaltes (gezielt eingestellt, 0,2-0,7-1,3 Gew. %) bei 15 °C und 20 °C Gärtemperatur auf den Gärverlauf unter Verwendung der gleichen Hefedosage und Hefestamm (10 g/hl Varioferm). Eine Verminderung des Resttrubgehaltes von 1,3 Gew. % auf 0,2 Gew. % hat den gleichen Effekt auf die Reduktion der Gärintensität wie eine Senkung der Gärtemperatur von 20 °C auf 15 °C.

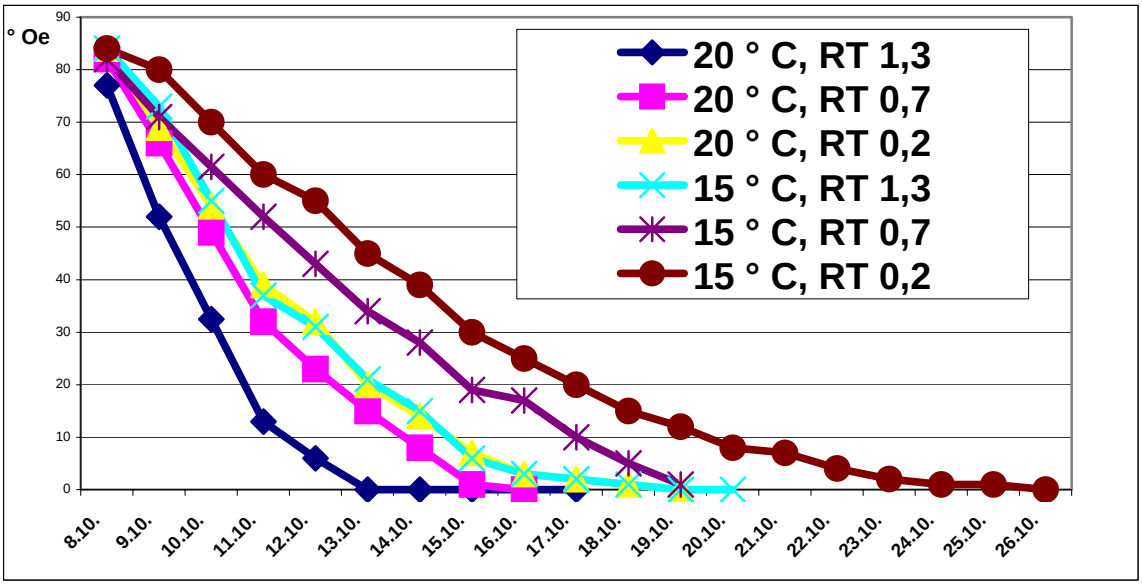


Abb. 1: Einfluss des Resttrubgehaltes und der Gärtemperatur auf den Gärverlauf

Der Trübungsgrad eines Mostes vor einer Mostvorklärung wird von der Traubensorte, der Traubengesundheit, dem Lesetermin, dem Ernteverfahren, dem Verfahren des Traubentransports und der Kelterung beeinflusst (Seckler, 2001; Maul 1987).

Neben der Flotation werden die Verfahren Sedimentation, Zentrifugation, Filtration mit Kammerfilterpresse oder Vakuumdrehfilter mit unterstützendem Einsatz von Schönungsmitteln und pektolytischen Enzymen zur Vorklärung eingesetzt.

Bei der Sedimentation ist die Gewichtskraft für das Absinken der Teilchen verantwortlich. Die Sinkgeschwindigkeit nimmt nach Stokes im laminaren Strömungsbereich mit steigendem Teilchendurchmesser und Dichtedifferenz des Trubteilchens zur Flüssigkeit zu. Mit steigender Viskosität der Flüssigkeit nimmt die Sinkgeschwindigkeit ab. Beginnende mikrobielle Aktivität im Most mit der Folge von CO_2-Entstehung wirkt der Sedimentation entgegen.

Der Trübungsgrad eines Mostes nach einer Sedimentation wird neben der Ausgangstrübung somit durch den Faktor Zeit, Viskosität und Anteile der einzelnen Trubfraktionen des Mostes, mikrobiellem Besatz, Mostschwefelungsdosage und auch der Mosttemperatur beeinflusst. Da in der

Regel die Sedimentation mit einer Filtration mittels Kammerfilterpresse kombiniert wird, ist der Trübungsgrad durch den Anteil der filtrierten Menge beeinflusst und einstellbar.

Gerade in Jahren mit faulem Lesegut und hohen Leseguttemperaturen kann der Erfolg einer Sedimentation aber begrenzt sein und der zu filtrierende Anteil der Mostpartie dadurch sehr groß. In der Folge steigen Arbeitsaufwand und Kosten. Die Filtrationskapazität und -leistung kann mitunter als begrenzender Faktor für die tägliche Erntemenge wirken.

Bei der Zentrifugation durch einen Separator wird die Mostvorklärung durch die Zentrifugalkraft bewirkt. Dabei werden die Teilchen abgetrennt, deren Sinkgeschwindigkeit gleich oder größer ist als die Klärflächenbelastung (Volumenstrom/Klärfläche). Unter einigen Annahmen und Abwandlung der Stock´schen Gleichung (Hemfort 1979) hängt die Klärleistung somit von der Feststoffkonzentration, der Teilchengrößen- und beschaffenheit, der Dichtedifferenz zwischen Trubteilchen und Most, der Viskosität des Mostes, der Trommeldrehzahl- und weiteren Trommelparametern, die zentrifugenspezifisch und daher während der Zentrifugation nicht zu beeinflussen sind, sowie der Durchsatzmenge ab. Je geringer die Durchsatzmenge, desto größer ist der Klärgrad.

Unterschiedliche Durchflussmengen bedingen geräteseits eine unterschiedliche Eintauchtiefe des Greifers im Most und können damit zu einem Eintrag von Luft führen. Zum einen kann das zu einer Mostoxidation führen, zum anderen zu einem Aufschwimmen noch enthaltener Trubpartikel auf der Oberfläche und eine erneute Abtrennung dieses aufschwimmenden Trubes aus qualitativen Gründen bedingen, was allerdings nicht sehr oft vollzogen wird. Eine Kombination aus Separator und Flotation verstärkt dieses Phänomen durch zusätzliche Luftimprägnierung nach dem Separator mit einer Injektionseinheit. Die Abtrennung des Grobtrubes in dieser Kombination durch den Separator, kann allerdings auch durch die Flotation alleine erreicht werden.

Das Prinzip der Flotation wird schon seit über 100 Jahren in der Erzgewinnung eingesetzt. Dabei wird die Trennung durch unterschiedliche Benetzbarkeit der Teilchen erreicht. Auch in der Abwasserreinigung findet die Flotation seit ca. 30 Jahren in Deutschland Verwendung. Neben der Weinbereitung wurde der Einsatz der Flotation auch im Fruchtsaftbereich untersucht, fand aber vor allem wegen der oxidativen Wirkung auf die Säfte keine weitergehende Verwendung.

Bei der Flotation wird der zu klärende Most unter Druck mit einem Gas (in der Regel Luft oder Stickstoff) imprägniert. Durch den Druck steigt die Löslichkeit des Gases an, und es kann deutlich mehr Gas gesättigt werden. Bei der Entspannung des imprägnierten Mostes im Flotationstank oder Flotationsbecken wird das imprägnierte Gas wieder frei, die aufsteigenden Gasbläschen haften sich an die Trubstoffe und treiben sie aufgrund der geringeren Dichte und der daraus resultierenden Auftriebskraft an die Mostoberfläche (siehe Abb. 2)

Zur Vergrößerung der Trubpartikel und zur Stabilisierung des Trubes wird Flotationsgelatine mit hoher Bloomzahl (> 180) zugesetzt. Die Bloomzahl gibt dabei die Gallertfestigkeit der Gelatine an.

Unter höherem Druck lässt sich mehr Gas lösen und wieder entspannen. Bei Drücken von 4,5 bis 6 bar (je nach Anlagentyp, Durchmischung und Gaszufuhr) liegt somit eine ausreichende Anzahl aufsteigender Gasbläschen zur Flotation vor.

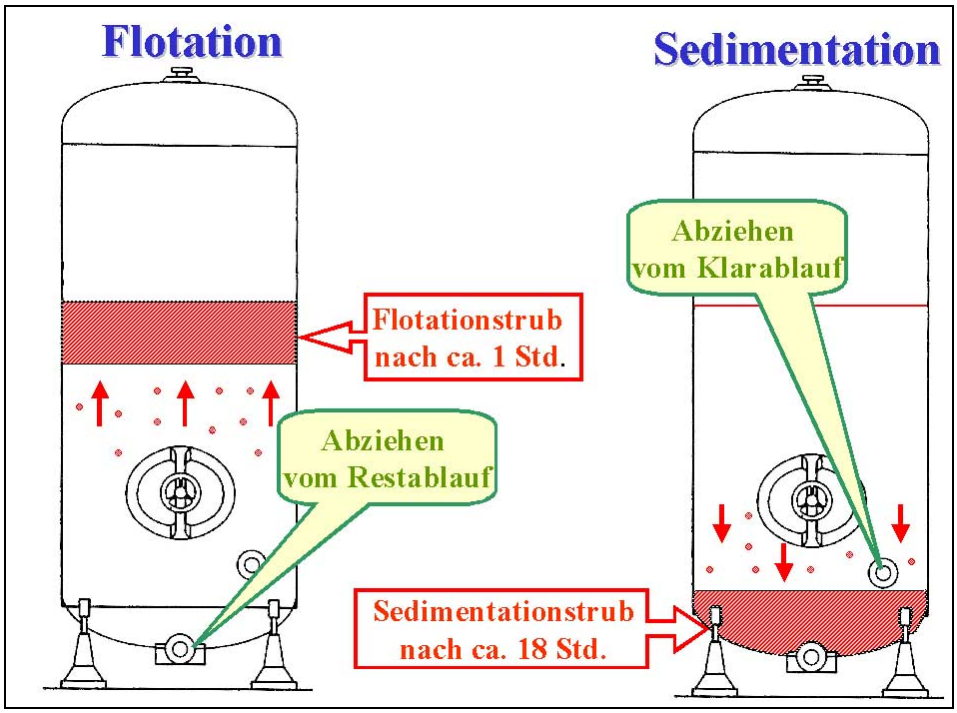


Abb. 2: Funktionsprinzip der Sedimentation im Vergleich zur Flotation

Die Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten ist neben der Abhängigkeit vom Druck auch temperaturabhängig (Kleinert, P.,1984). Die Löslichkeit von Luft beträgt bei 15 °C und 6 bar etwa 125 dm^3/m^3. Die Löslichkeit von Luft in Most ist etwas geringer. Je kälter das Wasser, desto mehr Luft kann gelöst werden. Daraus ist allerdings nicht zu schließen, dass das Flotationsergebnis mit sinkender Mosttemperatur stetig steigt, denn der Pektinaufschluss durch pektolytische Enzyme wird gleichzeitig schlechter. Eine Flotation unter 10 °C Mosttemperatur ist in der Regel mit erhöhten Pektin-resten verbunden.

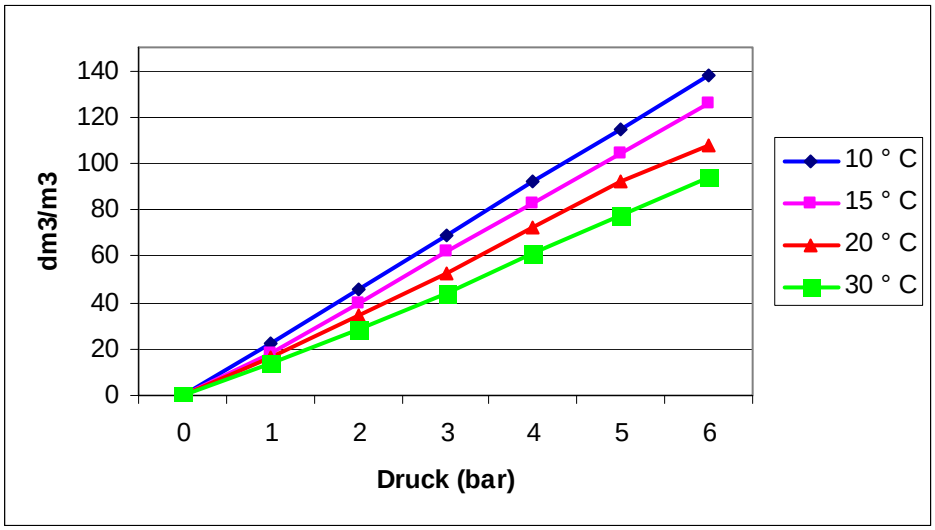


Abb.3 Löslichkeit von Luft in Wasser in Abhängigkeit von Druck und Temperatur n. Kleinert,1984

Stickstoff ist spezifisch leichter als Luft, die ca. 78 Vol.-% Stickstoff enthält. Die Löslichkeit von Stickstoff in Wasser unter Luftatmosphäre (14,4 mg/l bei 20 °C, 1 bar) ist fast doppelt so hoch wie die von Sauerstoff (8,8 mg/l bei 20 °C, 1 bar). Somit löst sich mehr Stickstoff bei Verwendung von Stickstoff als Flotationsgas als bei Verwendung von Luft. Daraus ist abzuleiten, dass entsprechend höhere Dosagemengen bei Flotation mit Stickstoff vorzusehen sind.

Eine Flotation mit CO_2 scheitert an der deutlich höheren Löslichkeit (1,46 g/l bei 20 °C, 1 bar) von CO_2, so dass bei Entspannung nicht genug Gasbläschen vorliegen oder nur sehr langsam ausperlen würden.

Auch die Größe der Luftbläschen beeinflusst den Flotationserfolg: Je kleiner die Bläschen, umso besser die Mostvorklärung. Diese Kenngröße wird auch durch die Gestaltung der Gaszufuhr und die Durchmischung beeinflusst.

Weiterhin beeinflussen Eigenschaften der Trubteilchen wie Größe und Viskosität (Pektin) den Flotationserfolg. Zugesetzte Behandlungsmittel wie Bentonit und vor allem Gelatine vergrößern die Trubpartikel durch Reaktion mit Phenolen und verbessern dadurch den Flotationserfolg. Der Einsatz von pektolytischen Enzymen vermindert den Pektingehalt, senkt dadurch die Viskosität des Mostes und verbessert somit den Flotationserfolg. Diese Pektinaseaktivität ist von der Dosagemenge, der Einwirkzeit und der Mosttemperatur abhängig.

Zuletzt ist auch die Dimensionierung des Entspannungstanks von Einfluss. Beim diskontinuierlichen Verfahren sind runde Behälter mit deutlich geringerem Durchmesser im Verhältnis zur Höhe von Vorteil. Durch diese Dimensionierung wird die durchströmende Gasmenge pro Liter Most erhöht und verbessert dadurch den Flotationserfolg. Die Entnahme des Schönungstrubes wird durch einen mittigen Auslauf erleichtert.

3.1 Kontinuierliche Flotation in Flotationsbecken

Abb.4: Flotationsbecken mit Flotationsanlage

Bei der diskontinuierlichen Flotation wird in der Regel nach der Kelterung vom Vorklärtank in einen Flotationstank flotiert. Diese Vorgehensweise entspricht den Keltermengen und den Betriebsgrößen der meisten deutschen Winzerbetriebe. Bei sehr großen täglichen Keltermengen einer Partie bietet sich allerdings eine kontinuierliche Flotation in einem Flotationsbecken (z.B. 5000 L, Abb. 4) an. Dort kann kontinuierlich gekelterter Most zugeführt und flotierter, vorgeklärter Most entnommen und in die Gärgebinde eingeleitet werden.

Der Trub wird kontinuierlich über einen Schaber (Abb. 5) abgesaugt. Die aufwändige Reinigung der jeweiligen Gebinde entfällt, der Süßtrub kann kontinuierlich und relativ einfach zur weiteren Aufarbeitung oder Entsorgung weitergeleitet werden. Dazu sind natürlich auch Dosagepumpen notwendig, die die Flotationsgelatine und gegebenenfalls Bentonit vor der Imprägnierung zudosieren (Abb. 6).

Abb.5 Trubabsaugung im Flotationsbecken

Abb.6: Vorratsbehälter mit Dosagepumpe für Gelatine und Bentonit

3.2 Kreislaufflotation

Eine Abwandlung der diskontinuierlichen Flotation in Richtung kontinuierliche Verarbeitung bietet sich durch die Flotation im Kreislauf in einem Gebinde. Hierdurch kann eine Reinigung eines Gebindes eingespart werden. Dabei wird am Restablauf angesaugt und am Klarablauf der imprägnierte Most eingeleitet. Da zum Teil bereits imprägnierter Most angesaugt wird, ist die zudosierte Gasmenge um etwa 5-10 % zu erhöhen oder etwas länger im Kreislauf zu flotieren, als es der Dauer gemäß der Stundenleistung der Anlage entspräche.

Diese Vorgehensweise stößt allerdings an Grenzen bei flacheren, sehr großen Gebinden. Dort erreicht der einströmende imprägnierte Most nicht den hinteren Tankbereich und die Durchströmung des gesamten Mostes mit Gasbläschen wird nicht gewährleistet. Dadurch kommt es zu unbefriedigendem Flotationsergebnis.

3.3 Kombination von Separator und Flotation

Separatoren können je nach Baugröße hohe Durchsatzleistungen bieten, hinterlassen aber dennoch unerwünschten Feinsttrub. Um annähernd ähnlich gute Klärgrade wie bei der Flotation zu erreichen, muss die Durchflussmenge deutlich reduziert werden. Hohe Durchsatzleistungen in Verbindung mit gutem Klärgrad konnte durch die Kombination des Separators mit der Flotation erreicht werden. Hierzu wurden vornehmlich in badischen Winzergenossenschaften vorhandene Separatoren genutzt, und mit geringen zusätzlichen Investitionssummen durch Vorrichtungen zur

Einbringung von Gelatine und zur Imprägnierung mit Flotationsgas ergänzt. Solche Anlagen wurden im Rahmen dieses ATW-Vorhabens nicht untersucht, laut Betreiber können mit der in Abbildung 6a dargestellten Anlage Durchsatzleistungen von 20.000 l/h erreicht werden.

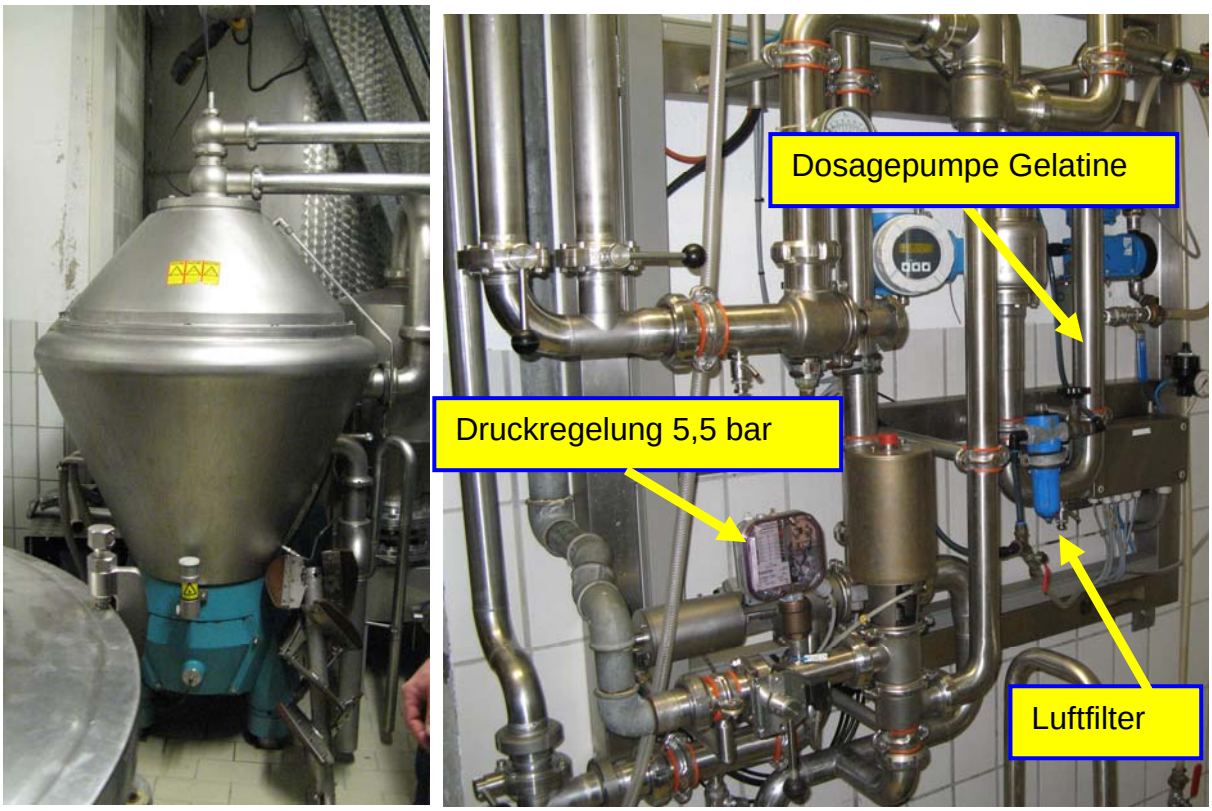


Abb. 6a: Kombination von Separator (links) und anschließender Flotation (rechts)

Die Druckregelung belässt in der Leitung nach dem Separator einen Druck von 5,5 bar, in die die Flotationsluft zugeführt wird. Gelatine wird durch eine Dosagepumpe zudosiert.

3.4 Mostvorbereitung, Gelatinezusatz und Flotation

Vorbereitend vor der Flotation sind zunächst Enzyme und Schönungsmittel der Maische oder dem Most zuzusetzen.

Dabei ermöglicht ein Enzymzusatz auf die Maische, bei Vollernterlese bereits im Weinberg, eine möglichst lange Einwirkzeit. Niedrige Leseguttemperaturen unter 10 °C, kurze Einwirkzeiten oder der Verzicht auf Enzymzusatz können Ursache für ein unbefriedigendes Flotationsergebnis sein. Kohle und vorgequollenes Bentonit konnten in den Versuchen zufriedenstellend entfernt werden. Neben dem Separieren bietet die Flotation auch die einzige praxisgerechte Möglichkeit, Kohle aus maischeerhitzten Rotmosten zu entfernen.

Nicht vorgequollenes Ca-Bentonit wird durch das Flotationsgas nicht aufgetrieben, zur Verbesserung der Wirksamkeit sollte Bentonit vorgequollen werden. Nach Bentonitzusatz sollten zumindest 30 Minuten Reaktionszeit vor Beginn der Flotation eingehalten werden, was in der Praxis nicht immer realisiert wird.

Arbeitsschritte bei der Flotation

- Reinigung über Drehbürstensieb bzw. Eckrohrsieb
- Enzymeinsatz zur Pektinspaltung
  Dosierung abhängig von - Mosttemperatur
  - Einwirkzeit
- Schönungsmitteleinsatz bei Bedarf (Kohle,Bentonit)
- Schönungsmitteleinsatz zur Verbesserung der Flockung
  Gelatine, hochbloomig (160-200), Sauer, 10-15 g/hl
- Imprägnierung mit Flotationsgas (Luft, N_2)
- Entspannung im Flotationsbehälter
- Aufsteigen des Flotationstrub, ca 1h
- Absaugen des klaren Mostes von unten nach 1-12 h

Die verwendete Gelatine soll mindestens eine Bloomzahl von 180 aufweisen. Mit der Bloomzahl wird die Gallertfestigkeit der Gelatine charakterisiert. Zum Ansetzten von 100 g Gelatine wird zunächst im Verhältnis 1:3 mit 300 ml kaltem Wasser vorgequollen. Nach ca. 5-10 Minuten wird die Gelatine mit 200 ml 50-60 °C heißen Wassers im Verhältnis 1:5 aufgefüllt und klumpenfrei aufgezogen. Wird die Gelatine für mehrere Tage vorgequollen, kann es zur Abkühlung und zum erneuten Verfestigen kommen. Vor allem beim Einsatz von Dosagepumpen kann es zur Verstopfung, mangelnder Gelatinedosage und schlechtem Flotationsergebnis kommen. Eine Dosagemenge von 10-12 g/hl hochbloomiger, aufgeschlossener Gelatine war in den Versuchen ausreichend für einen zufriedenstellenden Vorklärgrad. Höhere Gelatinedosagen führen zu einem kompakteren Trubdepot aber nicht zu einer besseren Vorklärung. Falls Probleme mit ungenügendem Vorklärgrad auftreten, ist die Luft- oder Stickstoffmenge zu erhöhen, eine Erhöhung der Gelatinedosage bringt in der Regel keine Verbesserung.

4 Technische Ausführungen der Flotationsanlagen

Betrachtet man eine Flotationsanlage aus dem Jahr 1997 (Abb. 7) und vergleicht sie mit einer heutigen Anlage, durchaus auch im höheren Leistungsbereich, so hat sich in Bezug auf Kompaktheit, Steuerungstechnologie und Bedienung innerhalb fünf Jahren einiges verändert. Die Reaktionsbehälter haben sich drastisch verkleinert, der Steuerungsaufwand ist dadurch weggefallen und alternative Pumpen wie die Excenterschneckenpumpe wurden verwendet.

Zur Anpassung an die Verhältnisse der Winzerbetriebe wurden Geräte mit geringerer Durchsatzleistung entwickelt wie auch Anschlussmöglichkeiten für den alternativ möglichen Stickstoffeinsatz realisiert.

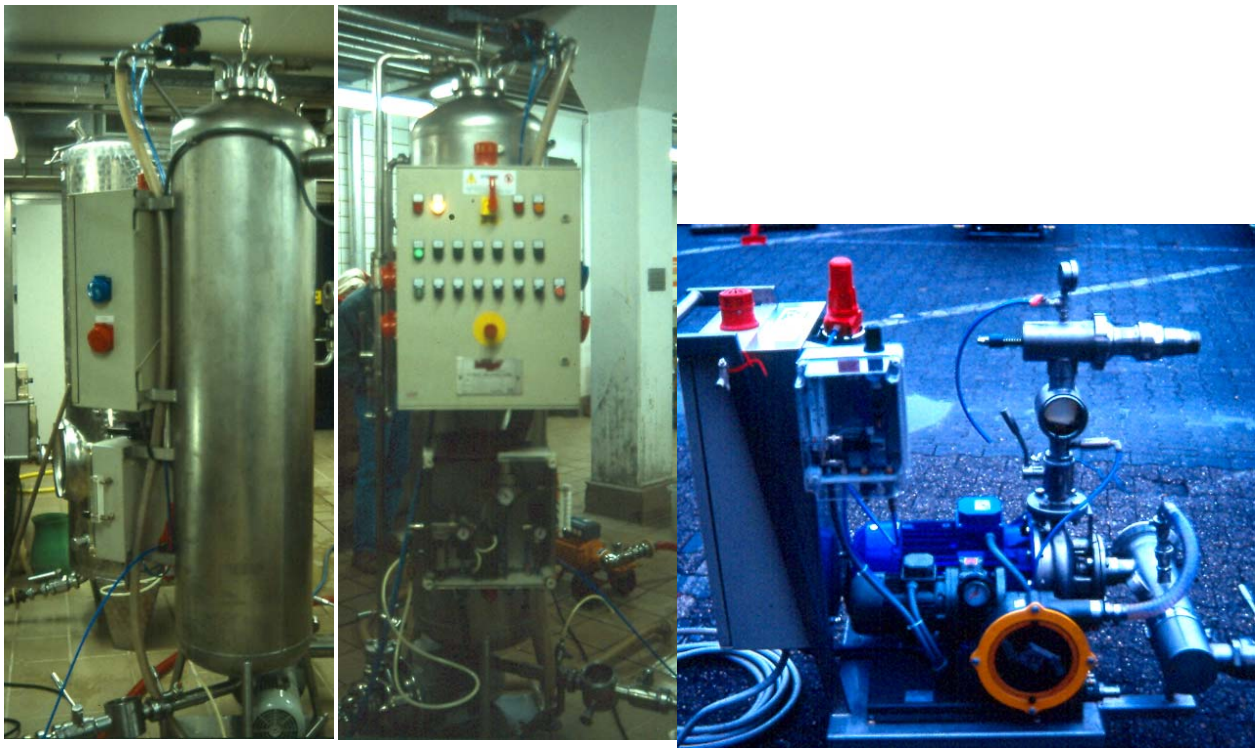


Abb. 7: Velo Flotationsanlage mit 180-l-Injektionsbehälter im Jahre 1997 (links) und im Jahr 1999

Da mit geringerem Aufwand produziert wurde (z.B. Verzicht auf einen Schaltkasten bei Pumpen unter 4 kW Anschlussleistung), konnten die Anlagen auch zu geringerem Preis angeboten werden.
Bei einer Flotationsanlage sind im Wesentlichen drei Strukturelemente zu unterscheiden: Zum einen die Realisierung des Anlagendruckes und die damit verwendete Pumpenanzahl und Pumpentypen, die Zufuhr des Flotationsgases und die Durchmischung des Flotationsgases mit dem Most.
Je nach Anlagenleistung und Bautyp finden eine (Abb. 7) oder mehrere einfache (Abb. 9) Kreiselpumpen (z.B. Romfil, K+H, Kiesel, Velo), mehrstufige Kreiselpumpen (Technica, Abb. 8) oder Exzenterschneckenpumpen (Schneider, Andreas und Thomas (grün), Schneider Theo und Klaus (orange) Abb. 10, Kiesel) Verwendung. Die Kreiselpumpen sind nicht selbstansaugend, so dass vor dem Start der Anlage zunächst Saugschlauch, Pumpe und auch Teile der Anlage durch hydrostatischen Druck zu befüllen sind. Der Keltertank muss daher auch auf der gleichen Ebene wie der Flotationstank stehen, ein direktes Flotieren aus einer Ebene tiefer ist nicht möglich. Das Vorschalten einer selbstansaugenden Impellerpumpe ist zwar möglich, ergibt in der Regel aber aufgrund der unterschiedlichen Kennlinien und meist vorhandenen Durchflussleistungsunterschieden kein gleichmäßiges Betreiben der Flotationsanlage.

Tab.1: Überblick der Bauarten verschiedener Flotationsanlagen

Pumpenalternativen		
Einpumpenlösung (mehrstufige Kreiselpumpe)	Zweipumpenlösung 2 Kreiselpumpen	Excenterschnecken-pumpen
Technica, Kiesel	u.a.Kiesel	u.a. Kiesel, Kunzmann/ Hartmann, T. & K. Schneider, A.&T. Schneider

Gaszuführung		
Luft		
zusätzlicher Kompressor (8bar)	ohne Kompressor	
	Lufteinzug in mehr-stufige Pumpe	Lufteinzug durch Venturi-Prinzip
Kiesel, Romfil, Velo	Technica	u.a. Kiesel, Kunzmann/ Hartmann, T. & K. Schneider, A.&T. Schneider
Stickstoff über Gasflaschen		
alle Bauarten		

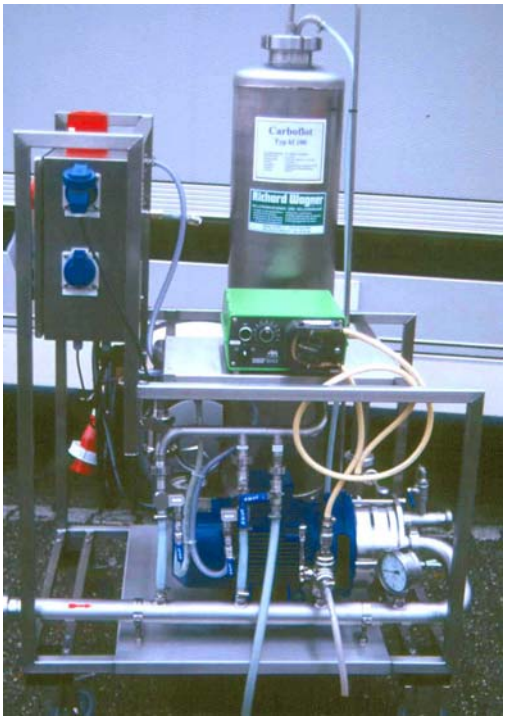


Abb.8: Mehrstufige Kreiselpumpe, Technica

Abb.9: Zwei einstufige Kreiselpumpen, Druckluftanlage, Kiesel sowie eine einstufige Kreiselpumpe, selbstansaugend., Kunzmann & Hartmann

Abb.10: Exzenterschneckenpumpe, Schneider

Bei der Verwendung von zwei Kreiselpumpen liegt nach der ersten Pumpe ein Druck von etwa 3,0-3,5 bar vor, nach der zweiten Pumpe beträgt der Druck ca. 6 bar. Eine weitere Verwendung als normale Weinpumpe im Rahmen des Weinausbaus ist bei den Kreiselpumpen nicht vorgesehen. Diese Möglichkeit ergibt sich bei den Exzenterschneckenpumpen, bei denen die Bauteile, die zur Flotation notwendig sind, sehr einfach zu demontieren sind. Exzenterschneckenpumpen mit externem oder integriertem Frequenzwandler können auch in der Durchsatzleistung einfach variiert werden.

4.1 Gaszufuhr

Bei der Zufuhr des Flotationsgases sind drei verschiedene technische Lösungen realisiert: Zum einen wird das Flotationsgas unter Druck zugeführt, entweder aus der Stickstoffflasche (Abgangsdruck am Druckminderer mindestens 10 bar) oder bei Luft über einen Kompressor, der mindestens 8 bar Abgangsdruck erbringen sollte. Da die Gassättigung als Faustzahl mindestens 10 Vol.% der Pumpenleistung betragen sollte, muss der Kompressor auch entsprechende Luftmengen bei 8 bar nachliefern. Im Einzelfall sind dazu auch die Regeldruckeinstellungen des Kompressors anzupassen, um eine gleichmäßige Gasbeschickung zu gewährleisten. Bei diesen Anlagentypen sind ein Luftfilter, Kohlefilter und ein Ölabscheider (Abb. 11) anlagenseitig notwendig, um negative Geschmacksbeeinträchtigungen des Mostes zu verhindern.

Abb.11: Druckluftfilter, Ölabscheider, Luftdruckeinstellung bei einer Anlage mit Kompressorluftzuführung

Bei der Anlage der Firma Technica erfolgt der Lufteinzug in die mehrstufige Kreiselpumpe (Abb. 12) ohne einen externen Kompressor.

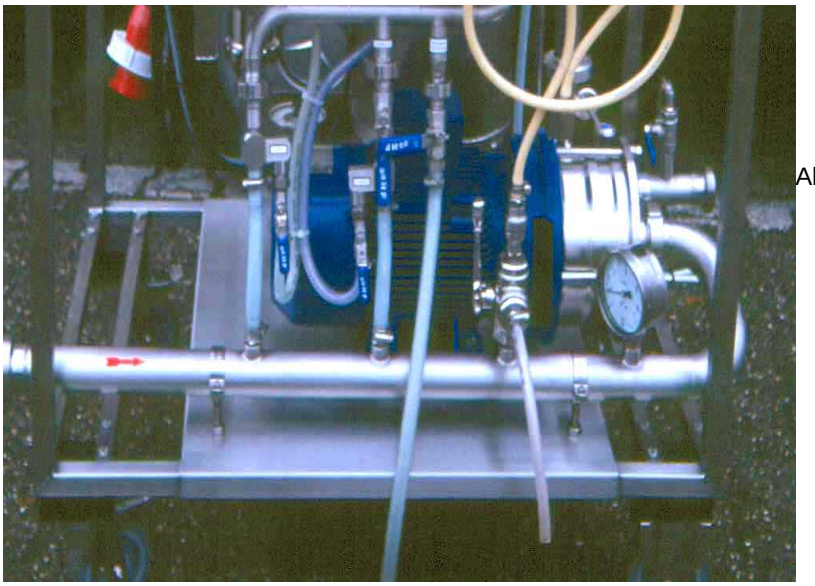


Abb. 12: Mehrstufige Kreiselpumpe, Fa Technica

Zuletzt ist in mehreren Anlagen der Lufteinzug nach dem Venturi-Prinzip realisiert (Anlagen mit Exzenterschneckenpumpen, kleinere Anlagen mit Kreiselpumpe, z.B. Kiesel, K+H)

Durch eine Verjüngung im Strömungsquerschnitt entsteht an der engsten Stelle im Rohr ein Vakuum, da die Strömungsgeschwindigkeit steigt, der Druck aber sinkt (s. Abb. 13 uns 14). Dieses Prinzip findet zum Beispiel auch in den von Bunsen entwickelten Wasserstrahlpumpen Verwendung.

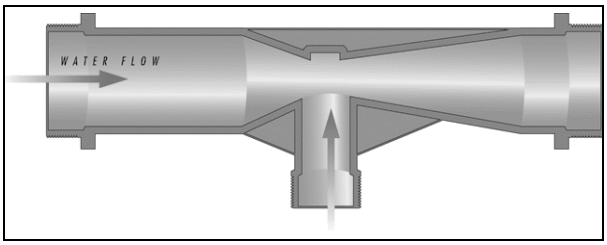


Abb. 13: Schema eines Venturi-Injektors

Abb.14: Querschnittverjüngung nach (Wess mann/Wikipedia 2006) Venturi-Prinzip in einer Flotationsanlage

Solche Anlagen sind unabhängig von einem externen Kompressor. Anlagen mit Kreiselpumpen erfordern aber auch eine exaktere Abstimmung der Pumpenleistung, internem Anlagendruck und der Luftmengenzufuhr. Eine Variation der Durchflussleistung ist bei Kreiselpumpenanlagen – im Gegensatz zu Exzenterschneckenpumpen – kaum möglich.

Bei allen selbstansaugenden Anlagen ist die grundsätzliche Möglichkeit zum Umstellen auf Stickstoff als Flotationsgas gegeben. Je nach Hersteller ist dies mehr oder weniger einfach (durch Umlegen eines Hebels nach Schlauchanschluss, Velo) durchzuführen. So kann auch direkt hintereinander, je nach Mostbeschaffenheit und Intention, mit Luft und dann mit Stickstoff flotiert werden. Bei anderen Herstellern ist dies mit gewissem Umstellungsaufwand verbunden.

Bei der kleinen Kiesel-Anlage Typ B 50, 3000 l/h Leistung kann sowohl selbstansaugend als auch mit Stickstoff oder mit Luft-Kompressor gearbeitet werden, Ölabscheider und Kohlefilter sind bereits an der Anlage vorhanden.

Abb.15: Ausführungen verschiedener Gasmengenanzeigen in NL/min (rechts), LPM (oben links) oder Nm^3/h (unten links)

Die Einstellungsarmaturen zur Dosierung der Gasmenge sind nicht genormt und tragen je nach Hersteller unterschiedliche Einheiten. Zu finden sind Angaben von Nm^3/h, NL/min (LPM).

Die zu wählende Einstellung hängt von der jeweiligen Anlage, dem Betriebsdruck und dem Flotationsgas (N_2: 10 % Zuschlag) ab. Als Faustzahl sind mindestens 10 % der Durchsatzleistung als Gasmenge notwendig.

4.2 Gasdurchmischung

Eine intensive Durchmischung des Flotationsgases mit dem Most ist notwendig zum Erreichen einer guten Mostvorklärung. Je nach Hersteller und Bauart ist dies unterschiedlich gelöst.

Die Anlagen der Firma Velo weisen ein patentiertes, sehr kompaktes Mischersystem auf (Abb. 16), dessen Mischeffekt sehr gut ist. Im Most vorhandene Kerne können mitunter aufgeschlitzt werden (marginaler zusätzlicher Phenoleintrag) osder zum partiellen Verstopfen führen.

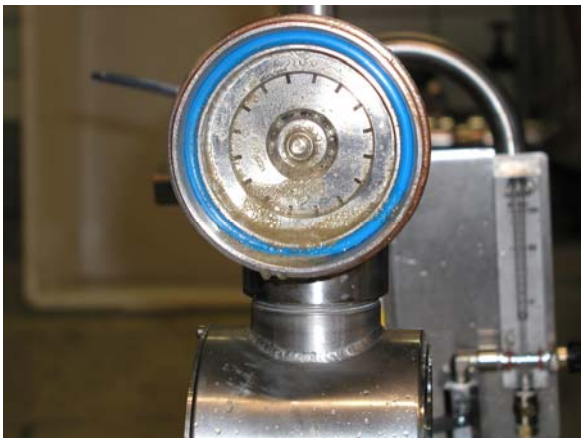


Abb. 16: Mischer der Fa. Velo

Abb.17: Mischer älterer Bauart mit hoher Verstopfungsneigung

Abb.18: Mischerbauarten mit geringer Verstopfungsneigung

Eine Gestaltung der Mischereinheit wie in Abbildung 17 neigt zum Verstopfen durch Schalenanteile und erfordert auf jeden Fall ein Eckrohrsieb. Der Mischer wurde vom Hersteller mittlerweile aber auch positiv verändert (Abb. 18 links).

4.3 Eckrohrsiebe

Je nach Kelterbauart und Anlagentyp kann es auch zur Verstopfung durch Schalenanteile oder Kerne kommen. Zur Vermeidung dienen Eckrohrsiebe, die je nach Hersteller auch in die Anlage integriert sind.

Abb.19: Eckrohrsieb (Langschlitz), Fa. Romfil

Bei starker Schalen- und Kernbelastung im Most kann eine Unterbrechung während des Flotierens und ein Abstellen der Anlage zur Reinigung notwendig werden. Hierzu werden auch Anlagen mit doppeltem Eckrohrsieb angeboten, so dass während der Reinigung des Siebes mit dem zweiten Sieb kontinuierlich weiter flotiert werden kann. Gemessen an dem Zeitaufwand für die Reinigung erscheint ein solches doppeltes Eckrohrsieb aus Kostengründen eher nicht notwendig.

Eckrohrsiebe werden auch losgelöst von der Flotationsanlage angeboten. Auch der Lochdurchmesser ist unterschiedlich gestaltet, zu große Löcher über 4 mm können Kerne bereits passieren lassen, zu kleine Löcher verstopfen schnell mit Kernen und Pektinresten. Ein sehr gutes Sieb ist das Langschlitzsieb der Fa Romfil.

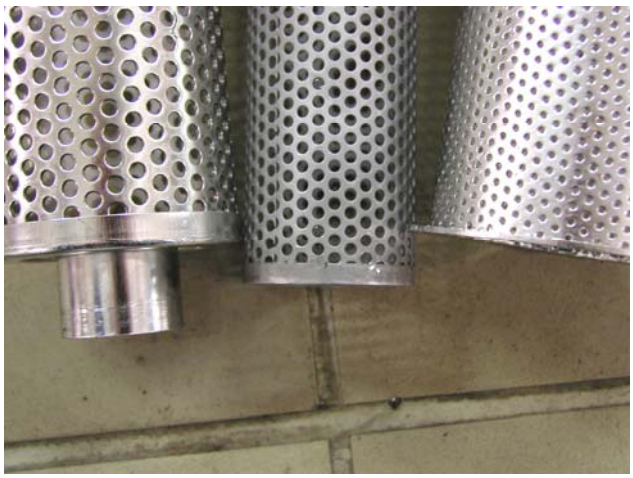


Abb.20: Eckrohrsiebe, freistehend, unterschiedlicher Lochdurchmesser

4.4 Dosagepumpen

Der Einsatz zusätzlicher Dosagepumpen (Abb. 21) erfordert zusätzlichen finanziellen Aufwand und lässt sich nur im kontinuierlichen Betrieb rechtfertigen. Bei einer diskontinuierlichen Flotation können Schönungsmittel nach Kenntnis der Mostmenge rechtzeitig und exakter dosiert werden. Weiterhin werden für jedes Schönungsmittel eine eigene Dosagepumpe und ein zusätzlicher Dosageeingang in die Anlage nötig. Diese Option bieten nur die Technica-Anlagen.

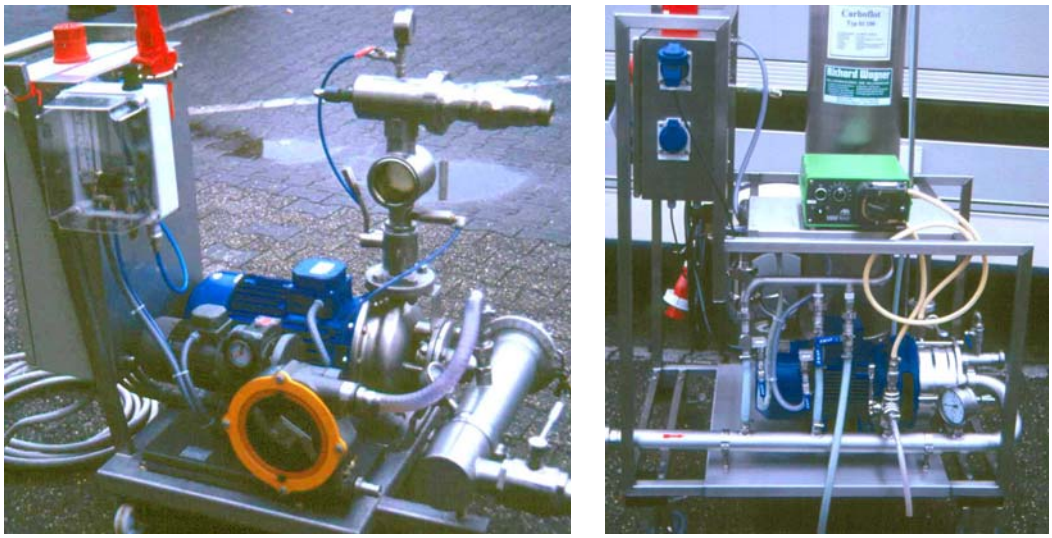


Abb.21: Dosagepumpen an den Anlagen der Fa Velo (links) und Technica (rechts)

Die Firmen Technica, Romfil und Velo bieten jeweils auch Dosagepumpen mit unterschiedlichen Preisen, Ausführungen und Bauprinzipien an. In der Regel ist allerdings nur ein Eingang für Schönungsmittel vorhanden. Wenn die Flotationsgelatine durch mangelhafte Auflösung oder zu lange Standzeiten (Auflösung großer Mengen) Klumpen enthält, kann es zur Verstopfung oder zu niedriger Gelatinedosage mit mangelhafter Flotationswirkung kommen. Generell ist eine exakte Dosage in Fluss schwieriger zu realisieren als eine Dosage in eine feststehende Menge.

Aus oenologischer Sicht ist für eine gute Wirksamkeit des vorgequollenen Bentonit mindestens 15 Minuten Rührzeit, besser eine halbe Stunde, vorzusehen.

Somit sprechen die Argumente der Wirksamkeit der Schönungsmittel, zusätzlicher Kostenaufwand, schwierigere Realisierung der exakten Dosage vor allem bei der diskontinuierlichen Flotation für einen Verzicht auf Dosagepumpen und für eine Dosage im Keltertank mit Aufrühren vor der Flotation. Lediglich bei der kontinuierlichen Flotation kann auf Dosagepumpen nicht verzichtet werden.

4.5 Entnahmeventile

Zur Beurteilung der Geräteeinstellungen ist die Entnahme von imprägniertem Most mittels Entnahmeventil in einen 1-Liter-Standzylinder sehr hilfreich. Alle Anlagen weisen ein Entnahmeventil auf, bei manchen Modellen ist die Mostentnahme in den Zylinder aufgrund einer geringen Bauhöhe etwas schwierig.

4.6 Kriterien der Bedienung

Die Bedienung der Anlage erfordert bei Kreiselpumpenanlagen das Entlüften, Start der Pumpen und der Druckeinstellung sowie der Einstellung des Flotationsgases. Bei Anlagen mit zwei Pumpen erfordert dies schon etwas Geschick, da zwei Pumpen, zwei Ventile und die Flotationsgaseinstellung nahezu gleichzeitig bedient werden müssen. Anlagen mit nur einem Ventil zur Druckeinstellung wie auch mit nur einer Kreiselpumpe sind deutlich einfacher zu bedienen. Dazu sollten alle Bedienungsarmaturen und Manometer wie auch die Gaszufuhranzeigen auf einer Seite liegen und leicht zugänglich sein. Dies ist nicht bei allen Anlagen realisiert. Bei selbstansaugenden Anlagen des Venturi-Typs liegen vor allem bei Exzenterschneckenpumpen die Gaseinstellung, Druckanzeige und Pumpenregelung nicht in einem Blickfeld.

Besonders bedienungsfreundlich sind Anlagen wie RFS 50 (Brandt) oder Kunzmann und Hartmann Turboflot Eco 5000.

Bei selbstansaugenden Anlagen des Venturi-Typs können sich bei Befüllung der Anlage mit offener Gaszuführung der Schlauch und auch die Gaszufuhranzeige mit Most füllen. Die Gaszufuhranzeige und das Bällchen sind dann benetzt und arbeiten nicht richtig. Reinigung und erneuter Einbau werden notwendig, was ein integriertes Rückschlagsventil verhindern kann. Dies ist nicht bei allen Anlagen vorhanden.

Auch eine einfache Umstellung des Flotationsgases ist im Sinne des Bedieners erwünscht und am besten bei Velo geregelt. So kann ohne viel Umbauaufwand mit zwei verschiedenen Gasen nacheinander gearbeitet werden.

4.7 Typentabelle

In der nachfolgenden Übersicht der am Markt in Deutschland verfügbaren Anlagen sind die oben angesprochenen Bauteile der einzelnen Anlagen sowie Einzelheiten zu deren Bedienung aufgeführt.

Die Anlagen, die am DLR Rheinhessen-Nahe-Hunsrück getestet wurden, sind entsprechend gekennzeichnet. Bei allen getesteten Anlagen lag bei optimaler Einstellung der Anlage der Resttrubgehalt der flotierten Moste unter den geforderten 0,6 Gew. %. Leider wurden seitens der Firmen nicht in allen Fällen Angaben zum Preis der Anlagen gemacht. Darüber hinaus sind die Preise im Untersuchungszeitraum auch deutlich gesunken.

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

	Kreiselpumpen :				
0	**Firma**	**Technica Entwicklungsges. mbH & Co.KG** Robert- Bosch-Str. 6 23909 Ratzeburg Tel.: 04541 - 6868 e-mail: technica@t-online.de			
1	**Typ:**	Carboflot hl 75	Carboflot hl 125	Carboflot hl 200	Carboflot hl 275
2	**Bauart:**	Luft wird über einen patentierten Carbofresh-Injektor i. Bypass angesaugt			
3	**Eckrohrsieb:**	DN 65	DN 80	DN 80	
	Kreiselpumpe	DN 65 als Pumpenschutz mit 6mm Lochung in die Anlage integriert			
4	Hersteller	Hilge			
5	Anschlußwert kW	4,0	7,5	11,0	15,0
6	Anzahl (eine oder zwei)	1			
7	Einstufig oder mehrstufig	5 - stufig	3-stufig	3-stufig	4-stufig
		zusätzliche Mischerfunktion			
8	Zwischendruck bei 2 Pumpen				
9	Maximaler Pumpendruck	8 bar			
10	Leistung in l/h maximal	7.500 l/h	12.500 l/h	20.000 l/h	27.500 l/h
11	Entwässerung der Pumpe	ja, möglich			
	Flotationseinheit:				
18	Mischer:	Carbofresh-Injektor und			
		fünfstufige	dreistufige		vierstufige
		Pumpe wirkt als Mischer, zusätzlich Luftabscheidung			
19	Zuführpumpe:	nein			
20	Druckeinstellung:	mind. 4,5 bar, optimal 5-6 bar			
21	Druckregelung:	Gegendruckeinstellung im Ausgang mit **einem** Ventil			
22	Stickstoffeinsatz möglich:	ja, ohne Umbauten möglich			
23	Gasumstellung:	über Schnellkupplung			
24	Gasanzeigeeinheit:	in Liter / Stunde			
25	Einstellung empfohlen:	temperaturabhängig 10 - 15%, manuell oder optional automatisch			
26	Probehahn:	ja			
27	Überdruckventil:	ja, 8 bar			
28	Kreislaufflotation möglich:	ja, möglich			
	Reinigung:				
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	mit Wasser spülen			
	Endreinigung/Konservierung:	Lauge/Säure/Wasser			
	Vollständige Entleerung	ja			
	Bedienung:				
30		Gelatine-Dosierung durch Dosagepumpe sinnvoll Enzyme, Bentonit, Kohle ggf. vorher zugeben			
	Dosagepumpe:				
31	zusätzlich anschließbar	Schlauchpumpe optional an Geräte-Steckdose anschließbar			
	Mengeneinstellung	elektronische, exakte Regelung, Einstellung über Diagramm			
	dosierfähige Schönungsmittel	durchflußproportionale Dosierung, Bsp. Gelatine			
32	getestet am DLR R-N-H		ja		
33	**Preis in € + MwSt.**	9.100,-	14.200,-	15.250,-	17.400,-
		incl. Induktivem Durchflussmesser (Digital) für den Most			

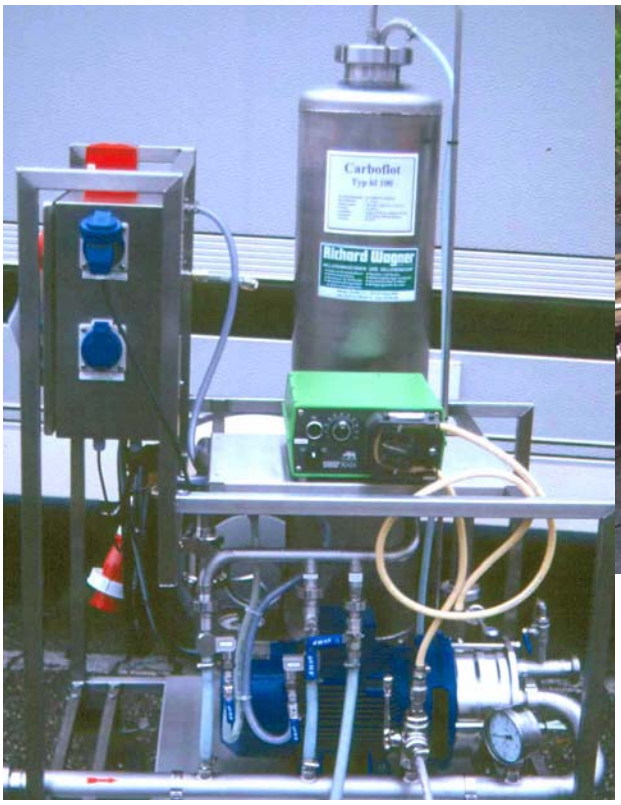


Abb.22: Technica, Carboflot 125 hl

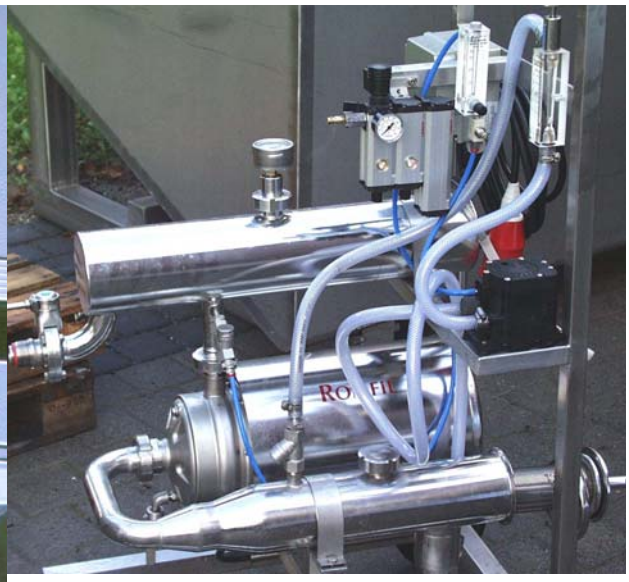


Abb.23: Romfil-Anlage 2001

Abb.24: Romfil RFS 50

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

	Kreiselpumpen :				
0	**Firma**	**Fa. Brandt Kellereimaschinen** Gau-Weinheimer Str. 2 55578 Wolfsheim Tel.: 06701 - 9165 0 e-mail: Romfil.Wolfsheim@t-online.de			
1	**Typ:**	RFS 50	RFS 100	RFS 200	RFS 300
2	**Bauart:**	externer Kompressor mit mind.10 bar Druck notwendig			
3	**Eckrohrsieb:**	Option Spaltrohrsieb 2-4 mm			
	Kreiselpumpe				
4	Hersteller	EBARA			
5	Anschlußwert kW	3,0	3,7	5,5	11,0
6	Anzahl (eine oder zwei)	1			
7	Einstufig oder mehrstufig	2 stufig			
8	Zwischendruck bei 2 Pumpen				
9	Maximaler Pumpendruck	6,5 bar			
10	Leistung in l/h maximal	5000 l/h	10.000 l/h	20.000 l/h	30.000l/h
11	Entwässerung der Pumpe	ja, Ventil			
	Flotationseinheit:				
18	Mischer:	Reaktor			
19	Zuführpumpe:	nein			
20	Druckeinstellung:	5-6 bar			
21	Druckregelung:	einfache Regelung über Gegendruck am Ausgang			
22	Stickstoffeinsatz möglich:	ja			
23	Gasumstellung:	über Schnellkupplung			
24	Gasanzeigeeinheit:	N l/min			
25	Einstellung empfohlen:	über Dosierventil am Flowmeter			
26	Probehahn:	ja			
27	Überdruckventil:	nein			
28	Kreislaufflotation möglich:	ja, möglich			
	Reinigung:				
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	kaltes/heißes Wasser, rückwärts über Abgangsschlauch			
	Endreinigung/Konservierung:	Lauge - Säure			
	Vollständige Entleerung	ja			
	Bedienung:				
30		einfache Bedienung Drehrichtungswechsler integriert			
	Dosagepumpe:				
31	zusätzlich anschließbar	über ein Venturi-Prinzip			
	Mengeneinstellung	über Ventil und Flowmeter			
	dosierfähige Schönungsmittel	ja			
32	getestet am DLR R-N-H	ja			
33	**Preis in € + MwSt.**	Preise auf Anfrage, je nach Ausstattung			

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

Kreiselpumpen :		**Kunzmann & Hartmann**		
0	**Firma**	An der Hessel 5-9 75038 Obererdingen Tel: 07045 - 980 0 e-Mail: info@kh-armaturen.de		
1	**Typ:**	Turboflot ECO Spar 3000	Turboflot ECO 5000	Turboflot ECO 10.000
2	**Bauart:**	Luft ohne Kompressor		
3	**Eckrohrsieb:**	optional		
Kreiselpumpe				
4	Hersteller	Speck		
5	Anschlußwert kW	3,0	3,0	3,7
6	Anzahl (eine oder zwei)	1		
7	Einstufig oder mehrstufig	mehrstufig		
8	Zwischendruck bei 2 Pumpen			
9	Maximaler Pumpendruck	6 bar, Flotation mit 4,5 bar		
10	Leistung in l/h maximal	3-5000 l/h	5000 l/h	10.000 l/h
11	Entwässerung der Pumpe	ja		
Flotationseinheit:				
18	Mischer:	statischer Mischer mit Druckhalteventil		
19	Zuführpumpe:	nein		
20	Druckeinstellung:	4,5 bar		
21	Druckregelung:	Druckhalteventil am stat. Mischer		
22	Stickstoffeinsatz möglich:	ja		
23	Gasumstellung:	per Adapter, Schnellkupplung		
24	Gasanzeigeeinheit:	Nm3/min		
25	Einstellung empfohlen:	über Rändelmutter		
26	Probehahn:	ja		
27	Überdruckventil:	nein		
28	Kreislaufflotation möglich:	ja, wird empfohlen		
Reinigung:				
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	mit klarem Wasser nachspülen		
	Endreinigung/Konservierung:			
	Vollständige Entleerung	mit Entleerungsschraube		
Bedienung:				
30		Einzug Gelatine über Eckventil an Eingangsarmatur		
Dosagepumpe:				
31	zusätzlich anschließbar	Reinigungs- und Spülanschluss, Dosierpumpe		
	Mengeneinstellung	über Gegendruckeinstellung		
	dosierfähige Schönungsmittel	Gelatine und Bentonit		
32	getestet am DLR R-N-H	ja		
33	**Preis in € + MwSt.**	1900,-	4140,-	4980,-

Abb.25:Kunzmann&Hartmann ECO Flot 5000 (2002)

Abb.26: Kunzmann &Hartmann ECO 3000 (2004)

Abb.27: Kiesel Floatclear Gr1

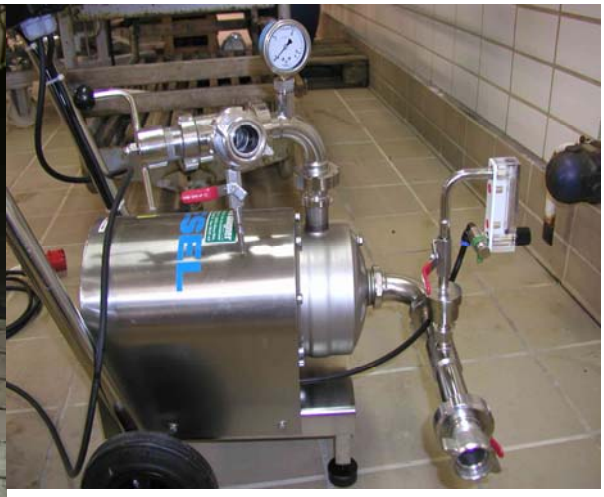


Abb.28: Kiesel Floatclear B 50

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

	Kreiselpumpen :			
0	**Firma**	**G.A. Kiesel GmbH** Wannenäckerstr. 20 74078 Heilbronn Tel.: 07131 - 2825 0 e-mail: info@kiesel-online.de		
1	**Typ:**	Floatclear Gr 1	Floatclear Gr 2	Floatclear B 50
2	**Bauart:**	Kompressor	Kompressor	Luft ohne Kompressor
3	**Eckrohrsieb:**	integriert	integriert	optional
	Kreiselpumpe			
4	Hersteller	Ebara		
5	Anschlußwert kW	4,0 und 7,5	7,5 und 11,0	3,0
6	Anzahl (eine oder zwei)	2		1
7	Einstufig oder mehrstufig	mehrstufig		
8	Zwischendruck bei 2 Pumpen	3,0 - 3,5 bar		
9	Maximaler Pumpendruck	6 bar		
10	Leistung in l/h maximal	10000 l/h	30000 l/h	3000 l/h
11	Entwässerung der Pumpe	ja, aber Schauglas schwierig zu entleeren		ja
	Flotationseinheit:			
18	Mischer:	Mischereinheit Flotationsbehälter		kleine Verwirbelungskammer
19	Zuführpumpe:	nein		
20	Druckeinstellung:	6 bar		
21	Druckregelung:	aseptische Manometer, großdimensionierter Druckbehälter		
22	Stickstoffeinsatz möglich:	ja		
23	Gasumstellung:	per Adapter, Schnellkupplung		
24	Gasanzeigeeinheit:	Nm3/h		LPMin
25	Einstellung empfohlen:	über Druckregelung		über Druckregelung
26	Probehahn:	ja		
27	Überdruckventil:	ja		
28	Kreislaufflotation möglich:	ja		
	Reinigung:			
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	mit klarem Wasser nachspülen		
	Endreinigung/Konservierung:	mit Lauge und Citronensäure sinnvoll		
	Vollständige Entleerung	Schauglas, Mengenmesser und Pumpe schwierig		
	Bedienung:			
30		starke Abhängigkeit von Druckeinstellung und Luftmenge zu Beginn schwierig		einfache Bedienung
	Dosagepumpe:			
31	zusätzlich anschließbar	Dosierpumpe, Trübungsmessung, Doppeleckrohrsieb		
	Mengeneinstellung			
	dosierfähige Schönungsmittel			
32	getestet am DLR R-N-H	ja	nein	ja
33	**Preis in € + MwSt.**	auf Anfrage, je nach Ausstattung		

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

Kreiselpumpen :		**Andreas und Thomas Schneider Maschinenbau GmbH** In den Zehn Morgen 13 55559 Bretzenheim/Nahe Tel.: 0671 - 31561 e-mail: info@pumpen-schneider.de				
0	**Firma**					
1	**Typ:**	ESK 6000	ESK 10.000	ESK 15.000	ESK 20.000	ESK 35.000
2	**Bauart:**	kein Kompressor norwendig mit Venturi-Düse				
3	**Eckrohrsieb:**	optional				
Kreiselpumpe						
4	Hersteller	Andreas und Thomas Schneider				
5	Anschlußwert kW	3,0	3,7	4,0	5,5	7,5
6	Anzahl (eine oder zwei)	1				
7	Einstufig oder mehrstufig	mehrstufig				
8	Zwischendruck bei 2 Pumpen					
9	Maximaler Pumpendruck	7 bar				
10	Leistung in l/h maximal	6000 l/h	10000 l/h	15000 l/h	20000 l/h	35000 l/h
11	Entwässerung der Pumpe	ja				
Flotationseinheit:						
18	Mischer:	Entspannungsbehälter wie bei der ESP-Reihe				
19	Zuführpumpe:	nicht notwendig				
20	Druckeinstellung:	bis maximal 6 bar				
21	Druckregelung:	über Gegendruck am Mischerausgang				
22	Stickstoffeinsatz möglich:	möglich				
23	Gasumstellung:	einfach möglich				
24	Gasanzeigeeinheit:	Nm3/Stunde				
25	Einstellung empfohlen:	Nadelregulierventil 0,2 - 0,4 Nm2/h				
26	Probehahn:	ja				
27	Überdruckventil:	nein				
28	Kreislaufflotation möglich:	ja				
Reinigung:						
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	mit Wasser spülen, Mischer reinigen				
	Endreinigung/Konservierung:	Pumpe konservieren				
	Vollständige Entleerung	ja				
Bedienung:						
30		einfache Bedienung und Einstellung				
Dosagepumpe:						
31	zusätzlich anschließbar	Zudosierung über Regeleinrichtung möglich				
	Mengeneinstellung					
	dosierfähige Schönungsmittel	Gelatine und Bentonit				
32	getestet am DLR R-N-H	ja				
33	**Preis in € + MwSt.**	auf Anfrage; von 2000,00 € bis 7000,00 € je nach Größe und Ausstattung				

Abb. 29: Schneider ESK 6000

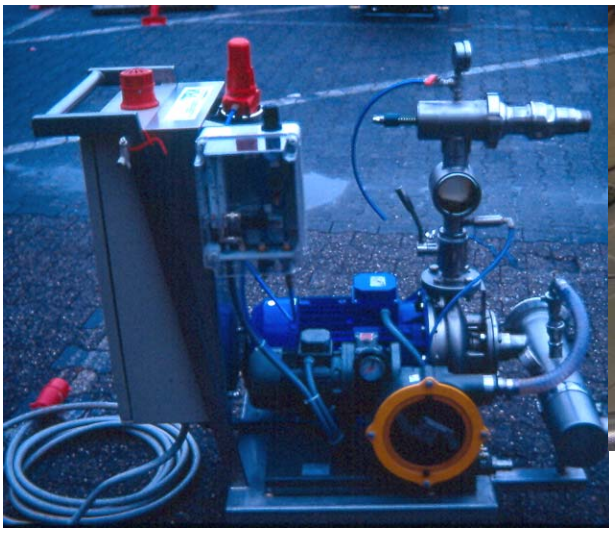


Abb.30: Velo

Abb.31:Velo PFD 30

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

	Kreiselpumpen :						
0	**Firma**	**Velo** Vertrieb KFT GmbH 67273 Herxheim Tel: 06353 - 1097 velo@velo.it					
1	**Typ:**	PFB 100	PFB 300	PFC 100	PFC 300	PFD 30	FLB 30
2	**Bauart:**	incl. Luftreaktor		patentiertes System		Venturi	Flotationsbecken
3	**Eckrohrsieb:**	integriert und vorhanden					
	Kreiselpumpe						
4	Hersteller	Firma Velo					
5	Anschlußwert kW	8,5	18,5	7,5	11,0	4,0	27,3
6	Anzahl (eine oder zwei)	2		1			
7	Einstufig oder mehrstufig	mehstufig					
8	Zwischendruck bei 2 Pumpen						
9	Maximaler Pumpendruck	7 bar					7 bar
10	Leistung in l/h maximal	10.000	30.000	10.000	30.000	3000	30.000
11	Entwässerung der Pumpe	ja					
	Flotationseinheit:						
18	Mischer:	Behälter		spezieller Mischer			Flotationsbecken abtrennen des Trubs
		patentiert					
19	Zuführpumpe:	erwünscht					
20	Druckeinstellung:	1,2 - 3,0 bar					
21	Druckregelung:	Gegendruckventil am Ausgang					
22	Stickstoffeinsatz möglich:	möglich					
23	Gasumstellung:	einfach möglich					
24	Gasanzeigeeinheit:	Nl/min					
25	Einstellung empfohlen:	30 - 50					30-50
26	Probehahn:	ja					
27	Überdruckventil:	nein				ja	
28	Kreislaufflotation möglich:	ja					
	Reinigung:						
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	mit klarem Wasser nachspülen					
	Endreinigung/Konservierung:						
	Vollständige Entleerung						
	Bedienung:						
30		einfache Bedienung und Einstellung				nur für kleine Mengen schwierige Einstellung nicht geeignet	arbeitet selbstständig
	Dosagepumpe:						
31	zusätzlich anschließbar	Bentonit, Gelatine und Silical					Doisierung im Flot.- Ablauf möglich
	Mengeneinstellung	über eine weitere Dosierpumpe					
	dosierfähige Schönungsmittel	regelt sich selbst über die Durchflußmenge					
32	getestet am DLR R-N-H					ja	
33	**Preis in € + MwSt.**	auf Anfrage, je nach Größe und Ausstattung					

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

Excenterschnecken-pumpen :		**Theo & Klaus Schneider GmbH& CoKG** Winzenheimer -Str. 24 55559 Bretzenheim Tel.: 0671 - 26016 e-mail: info@theo-schneider.com		
0	**Firma**			
1	**Typ:**	TKS 6000	TKS 9000	TKS 15.000
2	**Bauart:**	Kein Kompressor nötig		
3	**Eckrohrsieb:**	optional		
Excenterschneckenpumpe:				
12	Hersteller	Theo & Klaus Schneider GmbH& CoKG		
13	Anschlußwert kW	2,5 KW	3,5	3,5
14	Regelbar – stufenlos –	Frequenzumrichter		
15	Maximaler Pumpendruck	6,5 bar		
16	Leistung in l/h maximal	3000 - 6000 l/h	3.000 - 9000 l/h	3000 - 15.000 l/h
17	Entwässerung der Pumpe (Schraube oder Ventil)	Ja		
Flotationseinheit:				
18	Mischer:	Doppelgängiges Gewinde mit großen Volumendurchgängen, deshalb geringe Verstopfungsanfälligkeit		
19	Zuführpumpe:	nicht notwendig		
20	Druckeinstellung:	5 bar		
21	Druckregelung:	Ventischieber		
22	Stickstoffeinsatz möglich:	Ja		
23	Gasumstellung:	Mit T-Stück		
24	Gasanzeigeeinheit:	Nm³/Stunde		
25	Einstellung empfohlen:	0,2-0,4 Nm³/h		
26	Probehahn:	Ja		
27	Überdruckventil:	Nein		
28	Kreislaufflotation möglich:	Ja		
Reinigung:				
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	Mit Wasser spülen		
	Endreinigung/Konservierung:	Mit Wasser spülen, Mischer reinigen		
		Pumpe konservieren		
	Vollständige Entleerung	Ja		
Bedienung:				
30		Keine Bedienungsprobleme aufgetreten.		
Dosagepumpe:				
31	zusätzlich anschließbar Einstellung der Menge dosierfähige Schönungsmittel	Umbau, bzw. Anbau für Schönungsmitteleinzug möglich nicht im Standardumfang enthalten		
32	getestet am DLR R-N-H	nein		
33	**Preis in €**	auf Anfrage, je nach Ausstattung		

Abb.32: A. u. T. Schneider
ESP 10 000
Exzenterschneckenpumpe

Abb.33: T. u. K. Schneider
TKS 9000
Exzenterschneckenpumpe

Abb.34: Kunzmann u. Hartmann
ESP10.000

Abb.35: Kiesel SP 6
Excenterschneckenpumpe

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

Excenterschnecken-pumpen :		**G.A. Kiesel GmbH** Wannenäckerstr. 20 74078 Heilbronn Tel.: 07131 - 2825 0 e-mail: info@kiesel-online.de
0	**Firma**	
1	**Typ:**	B 55 Aufsatzgerät für SP 5 oder SP 6
2	**Bauart:**	Aufsatz
3	**Eckrohrsieb:**	optional
Excenterschneckenpumpe:		
12	Hersteller	Fa. Kiesel
13	Anschlußwert kW	2,0 bis 3,0
14	Regelbar – stufenlos –	1 oder 2-stufig bzw. optional Frequenzumrichter
15	Maximaler Pumpendruck	6 bar
16	Leistung in l/h maximal	10.000 / 20.000
17	Entwässerung der Pumpe (Schraube oder Ventil)	ja
Flotationseinheit:		
18	Mischer:	Mischeinheit als Drallrohr mit Manometer und verstellbarem Druckhalteventil
19	Zuführpumpe:	nicht notwendig
20	Druckeinstellung:	4,5 - 6 bar
21	Druckregelung:	Druckhalteventil
22	Stickstoffeinsatz möglich:	ja
23	Gasumstellung:	Mit T-Stück
24	Gasanzeigeeinheit:	LPM
25	Einstellung empfohlen:	über Rädelmutter
26	Probehahn:	ja
27	Überdruckventil:	nein
28	Kreislaufflotation möglich:	ja
Reinigung:		
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	Mit Wasser spülen
	Endreinigung/Konservierung:	Mit Wasser spülen ,Mischer reinigen, Pumpe konservieren
	Vollständige Entleerung	Ja
Bedienung:		
30		Keine Bedienungsprobleme aufgetreten.
Dosagepumpe:		
31	zusätzlich anschließbar Einstellung der Menge dosierfähige Schönungsmittel	Umbau, Zusätze für Schönungsmitteleinzug möglich nicht im Standardumfang enthalten
32	getestet am DLR R-N-H	nein
33	**Preis in €**	auf Anfrage, je nach Ausstattung

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

Excenterschnecken-pumpen :		**Kunzmann & Hartmann** An der Hessel 5-9 75038 Obererdingen Tel: 07045 - 980 0 e-Mail: info@kh-armaturen.de
0	**Firma**	
1	**Typ:**	ESP 10.000
2	**Bauart:**	kein Kompressor nötig
3	**Eckrohrsieb:**	optional
Excenterschneckenpumpe:		
12	Hersteller	AT Schneider
13	Anschlußwert kW	3,5 kw
14	Regelbar – stufenlos –	Frequenzumrichter
15	Maximaler Pumpendruck	6 bar, Flotation mit 4,5 bar
16	Leistung in l/h maximal	10.000 l/h
17	Entwässerung der Pumpe (Schraube oder Ventil)	ja
Flotationseinheit:		
18	Mischer:	statischer Mischer mit Druckhalteventil
19	Zuführpumpe:	nicht notwendig
20	Druckeinstellung:	4,5 bar
21	Druckregelung:	über Druckhalteventil nach Mischer
22	Stickstoffeinsatz möglich:	ja
23	Gasumstellung:	Adapter, serienmäßig
24	Gasanzeigeeinheit:	LPM
25	Einstellung empfohlen:	über Rändelmutter
26	Probehahn:	ja
27	Überdruckventil:	nein
28	Kreislaufflotation möglich:	ja, wird empfohlen
Reinigung:		
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	mit klarem Wasser nachspülen
	Endreinigung/Konservierung:	Pumpe und Mischeinheit reinigen
	Vollständige Entleerung	ja, mit Entleerungsschraube
Bedienung:		
30		keine Bedienungsprobleme aufgetreten
Dosagepumpe:		
31	zusätzlich anschließbar Einstellung der Menge dosierfähige Schönungsmittel	Einzug Gelatine über Eckventil an Eingangsarmatur
32	getestet am DLR R-N-H	ja
33	**Preis in €**	4650,-

Technische Parameter verschiedener Flotationsanlagen:

Excenterschnecken-pumpen :		**Andreas und Thomas Schneider Maschinenbau GmbH** In den Zehn Morgen 13 55559 Bretzenheim/Nahe Tel.: 0671 - 31561 e-mail: info@pumpen-schneider.de			
0	**Firma**				
1	**Typ:**	ESP 4000	ESP 6000	ESP 10.000	ESP 15.000
2	**Bauart:**	Kein Kompressor nötig, Aufsatz möglich			
3	**Eckrohrsieb:**	optional			
Excenterschneckenpumpe:					
12	Hersteller	Andreas und Thomas Schneider GmbH			
13	Anschlußwert kW	1,5	2,2	3,0	5,5
14	Regelbar – stufenlos –	Frequenzumrichter (AT) oder Planetengetriebe (FU)			
15	Maximaler Pumpendruck	6,5 bar			
16	Leistung in l/h maximal	2000 - 4000 l	4000 - 6000 l	4000 - 10.000 l	4000 - 15.000 l
17	Entwässerung der Pumpe (Schraube oder Ventil)	Ja			
Flotationseinheit:					
18	Mischer:	spezielles Mischersystem, Entspannungsbehälter über Gegendruck regulierbar			
19	Zuführpumpe:	nicht notwendig			
20	Druckeinstellung:	5 -6 bar			
21	Druckregelung:	über Gegendruck am Mischer regulierbar			
22	Stickstoffeinsatz möglich:	ja			
23	Gasumstellung:	Mit T-Stück			
24	Gasanzeigeeinheit:	Nm³/Stunde			
25	Einstellung empfohlen:	0,2 - 0,4 Nm2/h			
26	Probehahn:	ja			
27	Überdruckventil:	nein			
28	Kreislaufflotation möglich:	ja, möglich			
Reinigung:					
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	Mit Wasser spülen ,Mischer reinigen,			
	Endreinigung/Konservierung:	Pumpe und Mischeinheit reinigen			
	Vollständige Entleerung	ja, mit Entwässerungscshraube			
Bedienung:					
30		keine Bedienungsprobleme aufgetreten			
Dosagepumpe:					
31	zusätzlich anschließbar Einstellung der Menge dosierfähige Schönungsmittel	ja möglich			
32	getestet am DLR R-N-H	ja			
33	**Preis in €**	auf Anfrage, je nach Ausstattung			

5 Kostenbetrachtung

Bei der Bewertung der Kosten sind im Verfahrensvergleich die Mostvorklärung mit der Sedimentation beziehungsweise mit dem Separator zu vergleichen. Unterstellt man keine zusätzlichen Investitionen zur Unterstützung der Sedimentation durch Mostkühlung, ist die Mostvorklärung durch Flotation natürlich kostenintensiver.

Erst wenn diese Kosten (zusätzlich zwei Vorklärtanks mit zusätzlichen Kühlplatten, Anteil an Kühlgerät) mit einbezogen werden (Tab. 2), liegen die kalkulatorischen Fixkosten mit etwa 800 Euro über denen einer mittleren Flotationsanlage. Dabei ist ein weiterer Kostenaufwand für einen Hefefilter nicht berücksichtigt, da er bei beiden verglichenen Verfahren eingesetzt wird. Die Stückkosten liegen dann auch mit 1,7 Cent/l für die kälteunterstützte Sedimentation über denen der Flotation mit 1,4 Cent/l. Dabei wurden 50.000 Liter zu flotierende Weißmosternte angenommen, davon nur 36.000 Liter Weißmost mit einem Kühlbedarf von durchschnittlich 6 °C.

Die Investitionskosten des Kühlgeräts wurden gemäß dem Kälteleistungsanteil mit 10 % angesetzt.

Nach Flotation ist etwa die Hälfte der Süßtrubmenge im Vergleich zur Sedimentation aufzuarbeiten. Die zusätzlichen Arbeitskosten wurden bei der Sedimentation nicht einbezogen.

Beim Vergleich mit einem Separator (Abb. 36) wird die erneute Nutzung des Separators zum Abstich unterstellt. Kalkuliert man dazu zusätzlich den Einsatz eines Kieselgurfilters, so ergeben sich bei 100.000 Liter Einsatzumfang Kosten von 3,2 Cent/l für Flotation und Kieselgurfiltration im Vergleich zum Separator mit 5,8 Cent/l. Bei 150.000 Liter Einsatzumfang sinken die Kosten beim Separator aufgrund der stärkeren Fixkostendegression auf 4,0 Cent/l im Vergleich zu 2,7 bei der Flotation mit Kieselgurfiltration. Erst bei einem Einsatzumfang von 310.000 Litern sind die kalkulatorischen Kosten beider Verfahren gleich, Kostenparität ist bei ca. 2,2 Cent/l erreicht (Abb. 37). Die Mostvorklärung mit Separator erfolgt nahezu ohne Süßtrubrückstände, welche bei der Flotation durchaus noch anfallen. Kalkuliert man die zusätzlichen Kosten eines Hefefilters, so ist Kostenparität bereits bei 230.000 Litern Einsatzumfang erreicht.

Bis zu dieser Grenze ist die Flotation in Kombination mit einem Kieselgurfilter und trotz Einbeziehung des Hefefilters kostengünstiger als der Separator. Qualitative Aspekte sind kalkulatorisch nicht mit einbezogen.

Liegt die Erntemenge im Betrieb über der vermarktungsfähigen Qualitätsweinmenge, so sinkt aus betriebswirtschaftlicher Sicht der Grenzerlös bei zusätzlicher Aufarbeitung des Flotationstrubs, was den oben angestellten Vergleich mit Hefefilter relativiert. Aus oenologischer Sicht ist bestenfalls eine Trubaufarbeitung bei gesundem Lesegut zu rechtfertigen.

Die Anwendung eines Vakuumdrehfilters hat sich in den Winzerbetrieben zur Mostvorklärung nicht bewährt und wird daher nicht kalkuliert. Bei Kosten von ca. 17.000 Euro für einen Vakuumdrehfilter liegen die Kosten bereits über einer Flotationsanlage, selbst bei einer weiteren Nutzung zur Hefeaufarbeitung. bleibt der Einsatz eines Vakuumdrehfilters kostenaufwändiger als die Flotation. Hierbei sind noch zusätzliche Arbeitskosten bei einem Vakuumdrehfilter für Anschwemmen und Reinigung zu berücksichtigen.

Die Aspekte der Sicherheit in der Vorklärung und der hohen Schlagkraft der Flotation wurden kalkulatorisch nicht bewertet.

Diese positiven Aspekte rechtfertigen offensichtlich für Winzer, die die Flotation anwenden, im Vergleich zur Sedimentation den Mehraufwand ohne Kühlungsunterstützung.

Tab.2: Kostenvergleich Sedimentation mit Kühlung im Vergleich zur Flotation *

Sedimentation mit Kühlung, 50.000 Liter Weißmostmenge,Kühlbedarf 36.000 L, ? T=6°C								
Anschaffung		Anschaffungs-kosten	Nutzungs-dauer (J)	Ab-schreibung	Zinskosten (p=0,05)	Reparatur-kosten	Fix-kosten	
Tanks	5.000 L	5000	25	200,0	125		325,0	€
	10.000 L	6000	25	240,0	150		390,0	€
zusätzl. Kühlplatten	2 Stück	700	25	28,0	17,5		17,5	€
Kühlgerät		7.000	15	466,7	175	140	78,2	€
(Anteil für Mostkühlung 10 %)						**Fixkosten**	**810,7**	**€**
Kosten/Liter							0,0162	€/l
Variable Kosten							0,0005	€/l
Gesamtkosten/Liter							**0,0167**	€/l
Flotation, 50.000 Liter Weißmosternte, Flotationsbedarf 50.000 Liter								
Flotationsanlage		6000	15	400,0	150	120	670,0	€
						Fixkosten	**700,0**	**€**
Kosten/Liter							0,0140	€/l
Variable Kosten							0,0002	€/l
Gesamtkosten/Liter							**0,0142**	€/l

* keine Berücksichtigung der Kosten eines Hefefilters, da bei beiden Verfahren eingesetzt.

Tab. 2a: Verfahrensvergleich Separator / Flotation und Kieselgurfiltration

Abb. 36: Verfahrensvergleich Separator / Flotation und Kieselgurfiltration

		Separator		**Flotation und Kieselgurfiltration** (Diskontinuierl.)			
Anschaffungskosten		40.000 €		6.000 €	7.500 €		
Nutzungsdauer	Jahre	15		15	15		
Abschreibung	€/Jahr	2.667 €		400 €	500 €		
Zinskosten (p=0,06	€/Jahr	1.200 €		180 €	225 €		
Reparaturkosten	€/Jahr	1.400 €		120 €	113 €		
Fixkosten	**€/Jahr**	**5.267 €**		**700 €**	**838 €**		
Verarbeitete Menge							
Mostvorklärung		**100.000 L**	**150.000 L**	**100.000 L**		**150.000 L**	
nach 1. Abstich		**100.000 L**	**150.000 L**		**100.000 L**		**150.000 L**
Variable Kosten	€/L	0,005 €	0,005 €	0,002 €	0,015 €	0,002 €	0,015 €
Fixkosten	€/L	0,053 €	0,035 €	0,007 €	0,008 €	0,005 €	0,006 €
Gesamtkosten	**€/L**	**0,058 €**			**0,032 €**		
	€/L		**0,040 €**				**0,027 €**

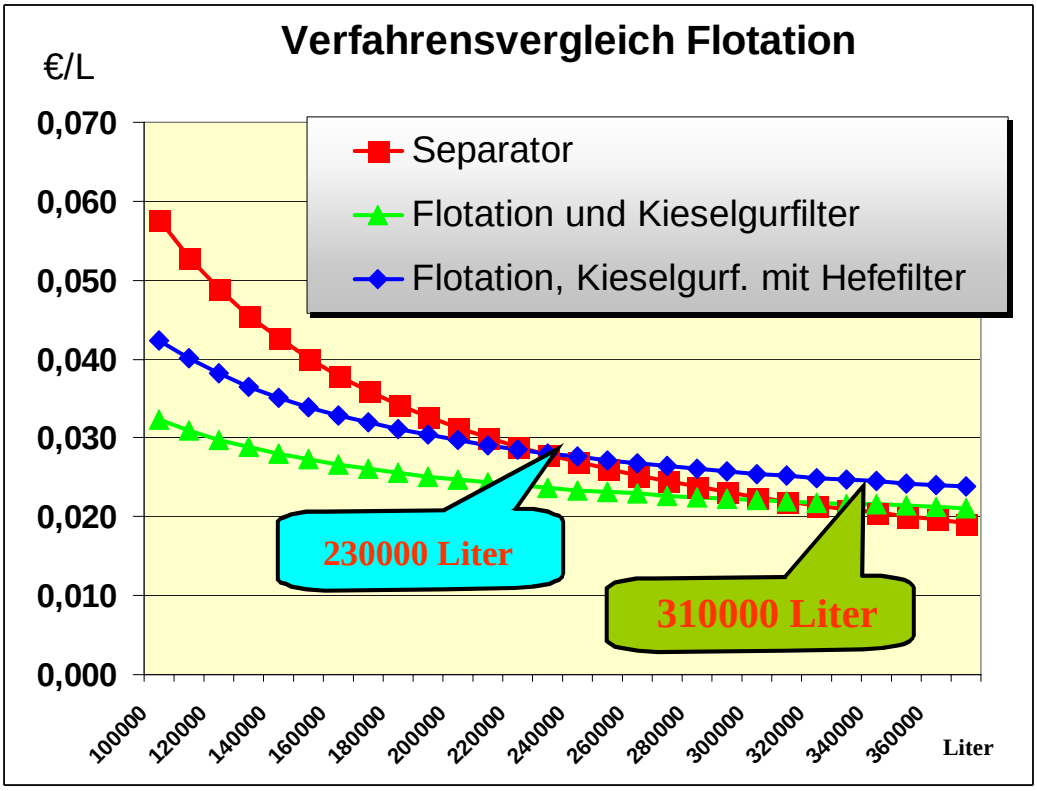


Abb. 37: Kostendegression in Abhängigkeit vom Leistungsumfang beim Vergleich verschiedener Vorklärverfahren

6 Material und Methoden

Die durchgeführten Versuche zu verschiedenen Fragestellungen erstreckten sich von 1998 bis zum Jahr 2006. Die dabei untersuchten Rebsorten waren Müller-Thurgau, Würzer, Silvaner, Chardonnay, Scheurebe, Sauvignon blanc, Riesling, Portugieser Weißherbst und Portugieser Rotwein (ME; MG)sowie St. Laurent (ME).

Neben der Sedimentation (16 h), der Separation und dem Hefefiltereinsatz wurde die Flotation mit Luft oder mit Stickstoff untersucht. In den Legenden wird synonym zur Differenzierung Luft gleich O_2 gesetzt, mit reinem Sauerstoff wurde in den Versuchen jedoch nicht gearbeitet. Weiterhin wurden dabei mechanische Lesegutbelastung, Maischestandzeit, Fäulnisgrad sowie Enzym- und Schönungsmitteleinsatz variiert.

Wenn nicht in der Versuchsfrage verändert, wurde nach Vollernterlese und max. 4 h Standzeit gekeltert (Willmes UP, max. 2,5 bar).

Bei der Versuchsdurchführung wurden mindestens 400 Liter Most flotiert. Wenn nicht im Zuge der Versuchsfrage variiert, wurden grundsätzlich eine Pektinase (Panzym clair, 1-2 g/hl), 200 g/hl vorgequollenes Ca-Bentonit, 10 g/hl hochbloomige Flotationsgelatine verwendet und mit Luft flotiert. Falls keine alternativen Flotationsanlagen getestet wurden, kam die Anlage Kiesel Floatclear GR 2 (2 Kreiselpumpen, Kompressor, 10.000 l/h Leistung) zum Einsatz. Auf eine homogene Trubverteilung des Keltermostes durch Aufrühren vor der jeweiligen Verwendung im Rahmen der einzelnen Versuchsglieder wurde geachtet. Bei den Vergleichsvarianten der Sedimentation (16 h Standzeit) oder des Separators wurden ebenfalls die gleiche Pektinase, Bentonit und 100 ml/hl Mostgelatine zugesetzt. Bei Bedarf wurde in allen Vorklärvarianten Kohle gemäß der Formel: „% Fäulnis = g/hl Kohle“ zugesetzt und vor der Gärung entfernt.

Die Vergärung der Weine erfolgte unter gleichen Bedingungen zwischen 18-20 °C Gärtemperatur in einfacher Wiederholung, und Reinzuchthefezusatz in gleicher Dosagemenge, in der Regel 15 g/hl.

Tab. 3: Übersicht der ausgewerteten Versuche

	Jahr	Herkunft	Rebsorte	Variante
1	1999	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Sedimentation (BVG)
2	1999	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Separator
3	1999	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flotation Luft, Mostenzym
4	1999	Stadecker Lenchen	Portugies. Weißh.	Flotation Luft
5	1999	Stadecker Lenchen	Portugies. Weißh.	Flotation Stickstoff
6	1999	Stadecker Lenchen	Portugieser RW.	Flotation Luft
7	1999	Stadecker Lenchen	Portugieser RW.	Flotation Stickstoff
8	1999	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Separator
9	1999	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Flotation Luft, 5 g/hl Gelatine
10	1999	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Flotation Stickstoff, 5 g/hl Gelatine
11	1999	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
12	1999	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Flotation Stickstoff, 10 g/hl Gelatine
13	2000	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Separator
14	2000	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flotation Luft
15	2000	Oppenheimer Zuckerberg	Saint Laurent ME	Sedimentation
16	2000	Oppenheimer Zuckerberg	Saint Laurent ME	Flotation Luft, 5 g/hl Gelatine
17	2000	Oppenheimer Zuckerberg	Saint Laurent ME	Flotation Stickstoff, 5 g/hl Gelatine
18	2000	Oppenheimer Zuckerberg	Saint Laurent ME	Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
19	2000	Oppenheimer Zuckerberg	Saint Laurent ME	Flotation Stickstoff, 10 g/hl Gelatine
20	2000	Alzeyer Kapellenberg	Cuvée	Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
21	2000	Alzeyer Kapellenberg	Cuvée	Flotation Stickstoff, 10 g/hl Gelatine
22	2000	Alzeyer Kapellenberg	Cuvée	Flotation Luft, 30 g/hl Gelatine
23	2000	Alzeyer Kapellenberg	Cuvée	Flotation Stickstoff, 30 g/hl Gelatine
24	2000	Alzeyer Römerberg	Silvaner	Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
25	2000	Alzeyer Römerberg	Silvaner	Separator
26	2000	Bodenheim Reichsritterstift	Riesling	Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
27	2000	Bodenheim Reichsritterstift	Riesling	Separator
28	2000	Alzeyer Kapellenberg	Portugieser RW.	Merh., Separator
29	2000	Alzeyer Kapellenberg	Portugieser RW.	Merh., Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
30	2000	Alzeyer Kapellenberg	Portugieser RW.	Merh., Flotation Stickstoff, 10 g/hl Gelatine
31	2000	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
32	2000	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Separator
33	2000	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Süßtrubfiltrat
34	2000	Alzeyer Römerberg	Scheurebe	Separator
35	2000	Alzeyer Römerberg	Scheurebe	Flotation Luft, 10 g/hl Gel., 1 h Standzeit
36	2000	Alzeyer Römerberg	Scheurebe	Flotation Luft, 10 g/hl Gel., 6 h Standzeit
37	2000	Alzeyer Römerberg	Scheurebe	Flotation Stickstoff, 10 g/hl Gel., 1 h Standzeit
38	2000	Alzeyer Römerberg	Scheurebe	Flotation Luft, 30 g/hl Gel., 1 h Standzeit
39	2000	Alzeyer Römerberg	Scheurebe	Süßtrubfiltrat
40	2000	Bodenheim Reichsritterstift	Riesling	Separator
41	2000	Bodenheim Reichsritterstift	Riesling	Flotation Luft, 10 g/hl Gelatine
42	2000	Bodenheim Reichsritterstift	Riesling	Flotation Stickstoff, 10 g/hl Gelatine
43	2000	Bodenheim Reichsritterstift	Riesling	Flotation Luft,250g/hl Bentonit, 10 g/hl Gelatine
44	2000	Bodenheim Reichsritterstift	Riesling	Süßtrubfiltrat

45	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Sedimentation Ohne Maischestandz.(MSZ)
46	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Separator Ohne MSZ
47	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Flotation, O2, Ohne MSZ
48	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Flotation, N2, Ohne MSZ
49	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Flotation, O2, Mit MSZ
50	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Flotation, N2, Mit MSZ
51	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Flotation, O2, Ohne MSZ, Tannivin EH 1,0 g/hl
52	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Flotation, N2, Ohne MSZ, Tannivin EH,1,0 g/hl
53	2001	Nackenheimer Rothenberg	Riesling	Flotation, O2, Ohne MSZ, Tannivin EH 1,5 g/hl
54	2001	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Sedimentation
55	2001	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Separator
56	2001	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Flotation, Luft,
57	2001	Oppenheimer Herrenberg	Riesling	Flotation, N2,
58	2002	Alzeyer Römerberg	Würzer	Sedimentation ohne Enzym
59	2002	Alzeyer Römerberg	Würzer	Sedimentation mit Enzym,Panz. Clair 1 g/hl
60	2002	Alzeyer Römerberg	Würzer	Flotation Luft, m. Bento
61	2002	Alzeyer Römerberg	Würzer	Flotation Luft, ohne Bento
62	2002	Niersteiner Oelberg	Riesling	Sedimentation ohne Enzym
63	2002	Niersteiner Oelberg	Riesling	Sedimentation mit Enzym,Panz. Clair 1 g/hl
64	2002	Niersteiner Oelberg	Riesling	Flotation Luft, m. Bento, mit Enzym
65	2002	Niersteiner Oelberg	Riesling	Flotation Luft, m. Bento, ohne Enzym
66	2002	Niersteiner Oelberg	Riesling	Flotation Luft, ohne Bento, mit Enzym
67	2002	Niersteiner Oelberg	Riesling	hohe Phen mechan. Bel.,Flot Luft, Enz., B.
68	2002	Niersteiner Oelberg	Riesling	hohe Phen, mechan. Bel.,Flot N2, Enz., B.
69	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Sedimentation
70	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flotation, Luft,
71	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flotation, N2,
72	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Kreislaufflotation Luft, Zeitdauer = Tank A nach B
73	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Kreislaufflotation, Zeitdauer - 10 %
74	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
75	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
76	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
77	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
78	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
79	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
80	2003	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
81	2004	Dienheimer Tafelstein	Portugies. Weißh.	Sedimentation
82	2004	Dienheimer Tafelstein	Portugies. Weißh.	Flotation, Luft,
83	2004	Dienheimer Tafelstein	Portugies. Weißh.	Flotation, N2,
84	2004	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
85	2004	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
86	2004	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
87	2004	Oppenheimer Kreuz	Müller Thurgau	Flot. Luft Gerätetest, nur Vergärung,k. Weinfüllg
88	2005	Niersteiner Oelberg	Riesling	Sedimentation
89	2005	Niersteiner Oelberg	Riesling	Sedimentation, 50 mg/l SO2
90	2005	Niersteiner Oelberg	Riesling	Kaltmac Pellets 12 h
91	2005	Niersteiner Oelberg	Riesling	Kaltmac Pellets 12 h,50 SO2
92	2005	Niersteiner Oelberg	Riesling	Kaltmac Pellets 12 h,Flotation Luft
93	2005	Niersteiner Oelberg	Riesling	Kaltmac Pellets 12 h, Gelatineschönung
94	2005	Niersteiner Oelberg	Riesling	Kaltmac Pellets 12 h;50 SO2,Flotation Luft
95	2005	Oppenheimer Kreuz	Riesling	Kaltmac Pellets 12 h,50 SO2,Gelatineschönung
96	2005	Bodenheim Reichsritterstift	Sauvignon blanc	Kelt Ox, Most Ox Flot Luft
97	2005	Bodenheim Reichsritterstift	Sauvignon blanc	Kelt Ox, Most Red Asc,Flot N2,
98	2005	Bodenheim Reichsritterstift	Sauvignon blanc	Kelt Red,CO2 Most Red Asc,Flot N2
99	2005	Bodenheim Reichsritterstift	Sauvignon blanc	Kelt Red,CO2 Most Red SO2,Flot N2
100	2005	Bodenheim Reichsritterstift	Sauvignon blanc	Kelt Red,CO2 Most Red CO2,Flot N2
101	2005	Bodenheim Reichsritterstift	Sauvignon blanc	Kaltmac 4 T,Kelt Red,CO2 Most Red CO2,Flot N2

7 Ergebnisse

7.1 Einfluss der Flotation auf den Vorklärgrad

In Tabelle 4 sind die Mittelwerte der Resttrubgehalte nach Sedimentation, Separation und Flotation dargestellt, errechnet aus Versuchen, bei denen dieser direkte Vergleich möglich war. Aus Versuchen, in denen nur die Flotation variiert wurde, konnten diese Mittelwertsvergleiche nicht extrahiert werden.

Die Flotation liefert demnach bessere oder gleich gute Vorklärgrade als die Sedimentation und die Separation. Unterschiede zwischen dem verwendeten Flotationsgas waren nicht zu ermitteln. In der Regel wurde bei der Verwendung von Stickstoff eine etwa 10 % höhere Gasmengeneinstellung gewählt.

Tab.4: Resttrubgehalte nach Sedimentation, Separation und Flotation (MW,Min,Max)

Sedimentation	Min	Max	**Flotation**	Min	Max
n = 12			n = 12		
0,36	0,10	0,60	**0,25**	0,10	0,70

Separator	Min	Max	**Flotation**	Min	Max
n = 9			n = 9		
0,50	0,10	0,80	**0,26**	0,10	0,40

Die zurückgebliebene Menge an Süßtrub hat sich bei der Flotation im Vergleich zur Sedimentation etwa halbiert. Als zusätzliches Schaumvolumen im Flotationstank sind 10-15 % des Mostvolumens vorzusehen. Ein Abziehen des blanken Mostes etwa 12 Stunden nach der Flotation im Vergleich zu einer Stunde nach der Flotation erhöht die Ausbeute, verbessert aber nicht den Vorklärgrad.

Auch eine höhere Gelatinedosage (im Versuch bis zu 30 g/hl) führte nicht zu einem besseren Vorklärgrad. Lediglich die Kompaktheit und die Festigkeit des Trubkuchens konnte dadurch erhöht werden.

Sehr oft werden die Moste ohne Kenntnis des tatsächlichen Vorklärgrades vergoren, sondern lediglich visuell beurteilt. Dies liegt auch daran, dass keine einfache Schnellmethode zur Bestimmung des Resttrubgehaltes vorliegt, ein Labor muss herangezogen werden. Für eine gravimetrische Resttrubbestimmung sind Zentrifuge, Trockenschrank und Laborwaage notwendig.

Für die oben beschriebene, international stärker verbreitete Methode der nephelometrischen Bestimmung ist nur ein kostengünstigeres Trübungsmeßgerät notwendig. Daher wurde bei 113 Mostproben (auch außerhalb der Flotationsversuche) parallel gravimetrisch und nephelometrisch der Resttrubgehalt bestimmt. Die Korrelation der beiden Messwerte ergibt ein Bestimmtheitsmaß von 0,69 (Abb. 38), etwa 70 % der Variation des Parameters gravimetrischer Resttrubgehalt lassen sich mittels NTU erklären. Dennoch ist die unterschiedliche Partikelgrößenverteilung von Most zu Most verschieden. Viele kleine Trubpartikel tragen gravimetrisch im gleichen Umfang zum Trub bei wie ein großer Trubpartikel, nephelometrisch sind die Beiträge aber verschieden. Dies erklärt die begrenzte Korrelation der Methoden. Bei stark mechanisch beeinflussten Mosten, z.B. nach Separation, dürfte eine homogenere Trubpartikelverteilung vorliegen, welche eine engere Korrelation beider Messmethoden ergeben dürfte.

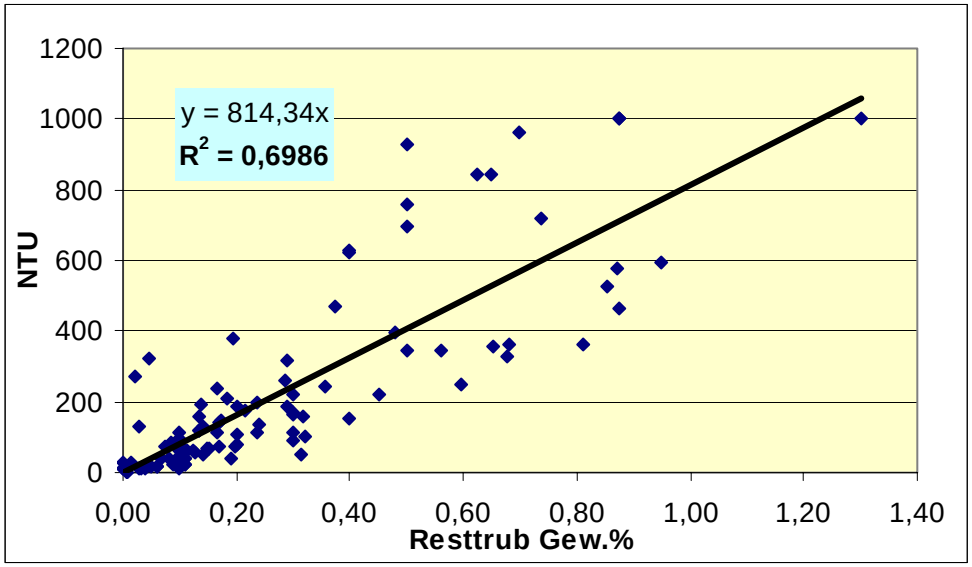


Abb. 38: Korrelation der nephelometrisch mit den gravimetrisch bestimmten Resttrubgehalten

7.2 Einfluss der Flotation auf die Gehalte an flüchtiger Säure

Aufgrund des Sauerstoffeinfluss bei Flotation mit Luft wäre ein Anstieg der Gehalte an flüchtiger Säure denkbar. Beim Vergleich der Mittelwerte zwischen Flotation und Separatoreinsatz beziehungsweise zwischen Flotation mit Stickstoff und Luft konnten allerdings keine Unterschiede erkannt werden (Tab. 5). Der eingebrachte Sauerstoff kann kaum von Mikroorganismen verwendet werden, da ein Großteil nach der Flotation wieder ausgetrieben ist, und die Populationsentwicklung von Wilden Hefen wie z.B. Kloeckera apiculata wie auch von Milchsäurebakterien zeitlich hinterherhinkt und somit den eingebrachten Sauerstoff auch nicht im Stoffwechsel verwerten können.

Ein positiver Einfluss auf die Hefepopulation und damit auf die Vergärungsintensität konnte durch Flotation mit Luft im Vergleich zu Stickstoff nicht beobachtet werden.

Tab. 5: Flüchtige Säure in Abhängigkeit vom Vorklärverfahren und dem Flotationsgas (Mittelwerte in g/l)

			Flotation mit		
Separator	**Flotation**	n =	**Stickstoff (N_2)**	**Luft (O_2)**	n =
0,36	0,35	12	0,37	0,37	14

7.3 Einfluss der Flotation auf die Polyphenolzusammensetzung

Bei Verwendung von Sauerstoff als Flotationsgas reduzieren sich die Gesamtphenole im Wein im Vergleich mit dem Separatoreinsatz oder der Sedimentation um rund 30 mg/l (Abb. 39). Verhindert man die Oxidation der Phenole durch Flotation mit Stickstoff, so ergeben sich ca. 40 mg/l höhere Gesamtphenole nach der Folin-Methode (Abb. 40).

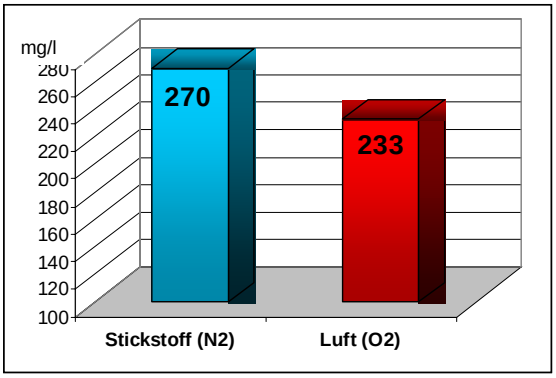


Abb.39: Mittelwerte der Gesamtphenole in Weißwein nach Flotation mit Stickstoff und Luft in mg/l, n = 26 (n.s., p=0,097)

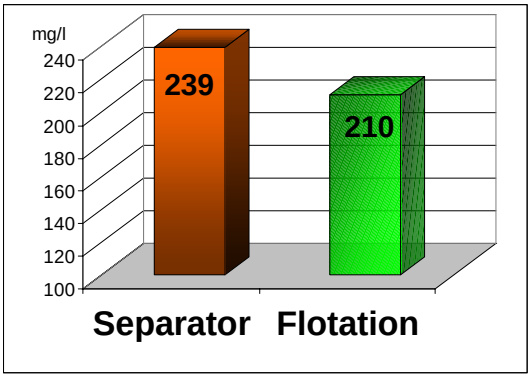


Abb.40: Mittelwerte der Gesamtphenole in Weißwein nach Separatoreinsatz und Flotation mit Luft in mg/l, n = 30 (n.s.)

Da die Bestimmung der Gesamtphenole nach der Methode Folin Ciocalteau nur eine bestimmte Genauigkeit erzielt und auch nur die Summe vorwiegend phenolischer Substanzen erfasst, interessiert vielmehr eine Analyse der einzelnen Polyphenole mittels HPLC. Die nachfolgend dargestellten Mittelwerte der untersuchten Weine wurden nach der Methode von Rechner et. al., 1988 mittels RP-HPLC bei 280 nm bestimmt.

Im Vordergrund stehen dabei die Phenolcarbonsäuren, die nicht flavonoider Struktur sind, sowie Epicatechin und Catechin aus der Gruppe der Flavonoide. Durch die HPLC lassen sich mit dieser Methode bisher nur die monomeren Einzelbausteine detektieren. Die polymeren Strukturen können bisher noch nicht aufgeschlüsselt und quantifiziert werden.

In Tabelle 6 werden die Mittelwerte aus Weinen verschiedener Rebsorten und Versuchsjahre verglichen. Dabei wurde lediglich die Vorklärmethode oder das Flotationsgas variiert. Bei der Flotation wurde in der Regel ein Enzym (Panzym clair 1-2 g/hl) und hochbloomige Gelatine in der Dosage 10 g/hl eingesetzt. Sowohl bei der Sedimentation oder Separatoreinsatz wie auch bei der Flotation wurden gleiche Mengen Bentonit zur Eiweißstabilisierung zugegeben und vor der Gärung entfernt. Bei Bedarf wurde in allen Vorklärvarianten Kohle gemäß der Formel: „% Fäulnis = g/hl Kohle“ zugesetzt und vor der Gärung entfernt.

Vergleicht man die Mittelwerte der Sedimentation mit der Flotation mit Luft (Tab. 6), so reduziert sich durch die Flotation die Summe der im HPLC bestimmten Polyphenole um 10 mg/l. Aufgrund der Varianz der Daten (verschiedene Weine aus unterschiedlichen Jahren) lässt sich diese Phenolreduktion durch Flotation gegenüber Sedimentation im untersuchten Datenmaterial nicht statistisch absichern. Weiterhin wird durch die Flotation vor allem Caftarsäure, Coutarsäure und Fertarsäure reduziert. Auch diese Mittelwertsunterschiede sind bei diesem Vergleich statistisch nicht abzusichern.

Tab.6: Einfluss der Mostvorklärung auf den Gehalt an Polyphenolen (MW aus versch. Rebsorten und Jahren)

Einfluss der Mostvorklärung auf die Gehalte an Polyphenolen
Min, Max, Mittelwerte in mg/l

	Sedimentation			Flotation mit Luft		
	Min	Max	**MW, n=11**	Min	Max	**MW, n=11**
Protocatechuesäure	0,0	4,4	2,0	0,0	4,1	2,0
Tyrosol	0,0	15,0	7,5	0,0	12,3	3,7
Caftarsäure	0,0	37,1	10,5	0,0	12,0	4,8
Glutathiomylcaftarsäure (GRP)*	0,0	6,3	2,1	0,0	8,7	1,9
Coutarsäure**	1,8	8,8	4,3	1,6	4,4	3,0
p-Coumaroylglucosyl-tartrat (p-CGT)**	0,7	1,6	1,0	0,0	5,0	1,0
Fertarsäure**	0,0	3,0	1,4	0,0	2,2	0,9
p-Coumarsäure	1,4	5,8	2,5	1,4	6,4	2,4
Ferulasäure	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1
Gallussäure	0,5	1,1	0,7	0,3	1,2	0,6
Catechin	10,1	17,7	14,4	9,3	23,1	15,9
Epicatechin	1,1	18,9	8,9	3,3	20,5	11,6
Summe Phenole HPLC	19,2	75,4	36,2	14,5	57,8	27,7

*ber.als Kaffeesäure, ** ber. als Coumarsäure
Datenanalyse: FA Geisenheim, FG Weinanalytik u. Getränkeforschung

Vergleicht man allerdings die Flotation mit Luft mit einer Flotation, bei der Stickstoff als Flotationsgas eingesetzt wird, so lässt dieser Mittelwertsvergleich beim untersuchten Datenmaterial eine statistische Absicherung zu (Tab. 7). Die Summe der mit der HPLC bestimmbaren Phenole wird dabei um rund 20 mg/l (p = 0,01) durch die Mostoxidation reduziert. Die Mostoxidation durch Phenoloxidasen (Tyrosinase), die dazu Sauerstoff benötigen, führt zu einer Oxidation der Coutarsäure zur Caftarsäure, und die Caftarsäure wird dann zum Caftarsäurechinon umgesetzt (n. Ritter et. al, 1996). In Anwesenheit von Glutathion kann Gluthathiomylcaftarsäure (GRP) gebildet werden. Das Caftarsäurechinon kann auch mit Procyanidin B2 zu polymeren braunen Produkten reagieren, die letztlich ausfallen. Diese Reaktion ist auch optisch an der braunen Farbe mit Luft flotierter Moste zu erkennen (Abb. 41). In den untersuchten Weinen wiesen mit Luft flotierte Weine im Mittel mit nur 12 mg/l statistisch signifikant (p = 0,01) weniger Caftarsäure auf, im Vergleich zu mit Stickstoff flotierten Weinen, deren Konzentration 30 mg/l Caftarsäure betrug.

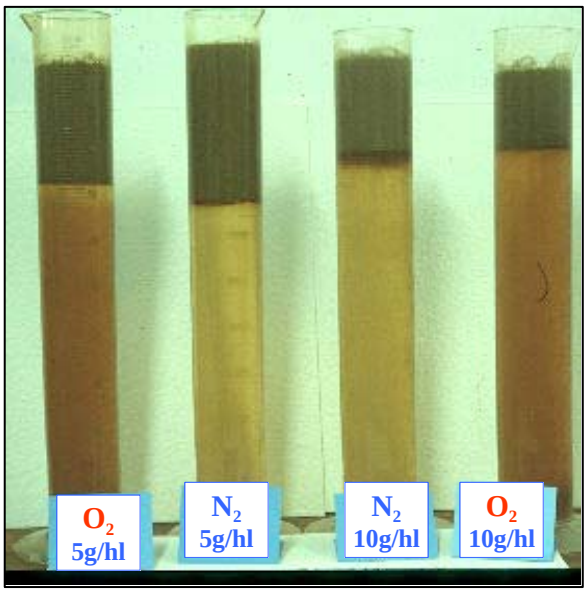


Abb. 41: Mostfärbung durch Phenoloxidation in Abhängigkeit vom Flotationsgas, Riesling 1999

Tab. 7: Einfluss des Flotationsgases auf die Gehalte an Polyphenolen, Mittelwerte, Min und Max in mg/l

Einfluß des Flotationsgases auf die Gehalte an Polyphenolen (Mittelwerte, Min und Max in mg/l)

	Flotation mit Stickstoff (N2)			Flotation mit Luft (O2)			
	Min	Max	MW, n = 7	MW, n = 7	Min	Max	p=
Protocatechuesäure	0,0	2,3	1,4	1,4	0,0	2,0	
Tyrosol	0,0	11,2	2,2	4,8	0,0	12,3	
Caftarsäure	6,2	44,7	**30,0**	**12,1**	4,3	24,2	**0,01**
Glutathiomylcaftarsäure (GRP)*	1,1	3,3	1,9	0,6	0,0	2,4	
Coutarsäure**	0,6	1,7	**7,4**	**4,7**	0,0	1,8	**0,04**
p-Coumaroylglucosyl-tartrat (p-CGT)**	2,8	10,3	1,1	1,0	2,5	6,8	
Fertarsäure**	1,0	3,9	3,2	1,7	0,8	2,8	
p-Coumarsäure	1,5	2,8	2,3	2,1	1,7	2,5	
Ferulasäure	0,0	0,7	0,4	0,1	0,0	0,4	
Gallussäure	0,9	1,1	1,0	1,0	0,7	1,3	
Catechin	3,6	4,4	4,0	7,0	5,2	8,8	
Epicatechin	4,1	4,1	4,1	3,8	3,7	3,8	
Summe Phenole HPLC	26,8	72,1	**50,8**	**29,8**	20,4	41,6	**0,01**

*ber.als Kaffeesäure, ** ber. als Coumarsäure Datenanalyse a.d. FA Geisenheim

Auch die Konzentration an Coutarsäure wird durch Flotation mit Luft auf rund 4,7 mg/l im Mittel statistisch signifikant (p = 0,04) reduziert, gegenüber 7,4 mg/l nach Flotation mit Stickstoff.

Betrachtet man ein Versuchsglied im Einzelnen, so sind sogar höhere Phenolgehalte bei der Flotation mit Luft als bei der Sedimentation zu erkennen (Abb. 42). Dies lässt sich durchaus erklären, da auch bei 16 Stunden Sedimentation ausreichend Sauerstoff aus der Kelterung enthalten ist, um die genannten Phenole zu oxidieren. Bei der Flotation mit Stickstoff wird der vorhandene Sauerstoff durch den Stickstoff ausgetrieben und der Most nach der Flotation zügig verarbeitet. Folglich kann der aus der Kelterung vorhandene Sauerstoff nur zu sehr geringer Oxidation führen.

Durch den Einsatz von Stickstoff als Flotationsgas läßt sich somit das Prinzip der Mostvorklärung durch aufsteigende Gasbläschen von der Mostoxidation trennen.

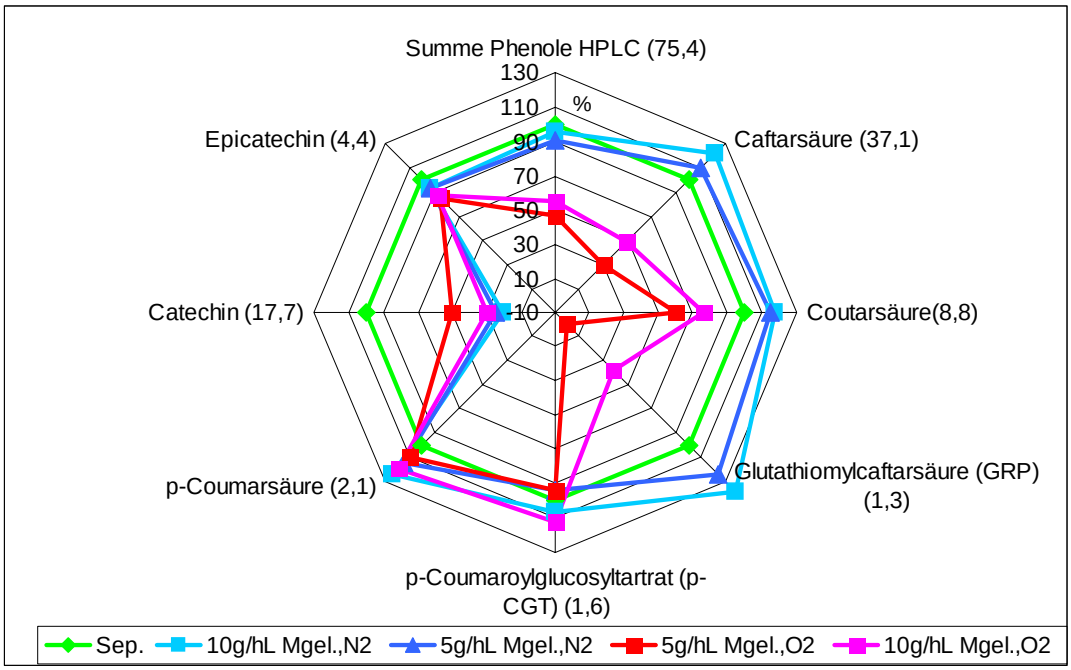


Abb.42: Polyphenolspektrum der Weine nach Flotation in Abhängigkeit vom Flotationsgas und der Gelatinedosage (Riesling 1999), (vergl. Bild der Moste, Abb. 41, S. 45)

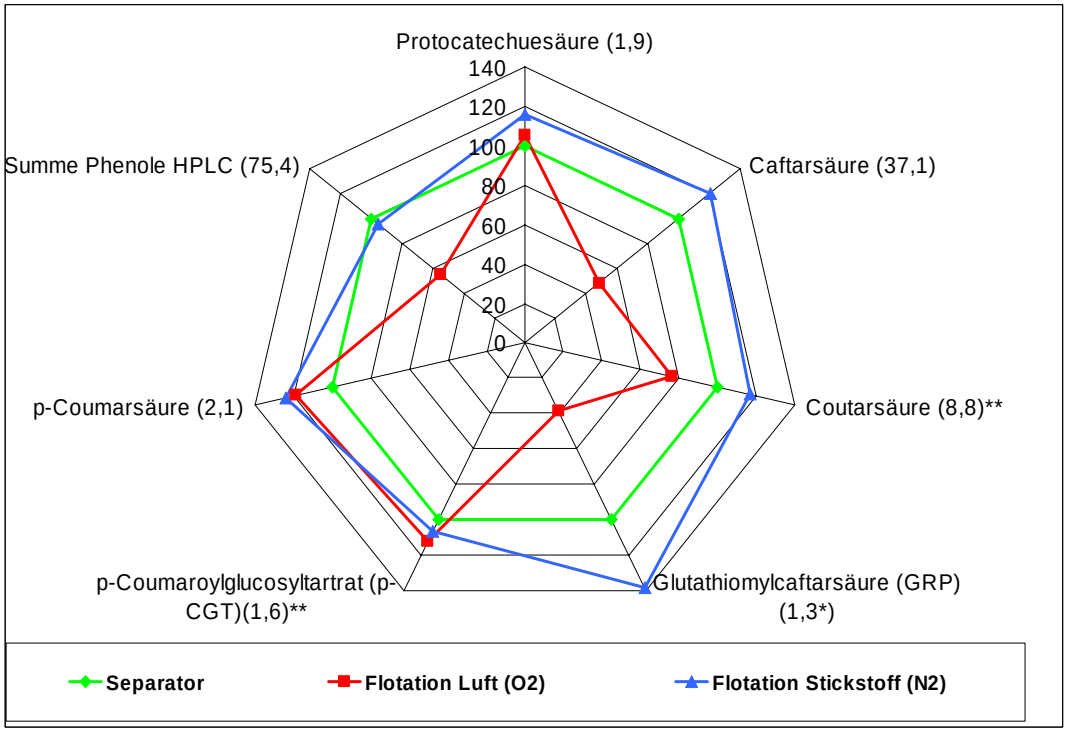


Abb.43: Polyphenolspektrum im Wein in Abhängigkeit vom Vorklärverfahren (Riesling,1998)

7.4 Phenolreduktion durch Flotation mit Luft nach starker mechanischer Lesegutbelastung und nach Maischestandzeit

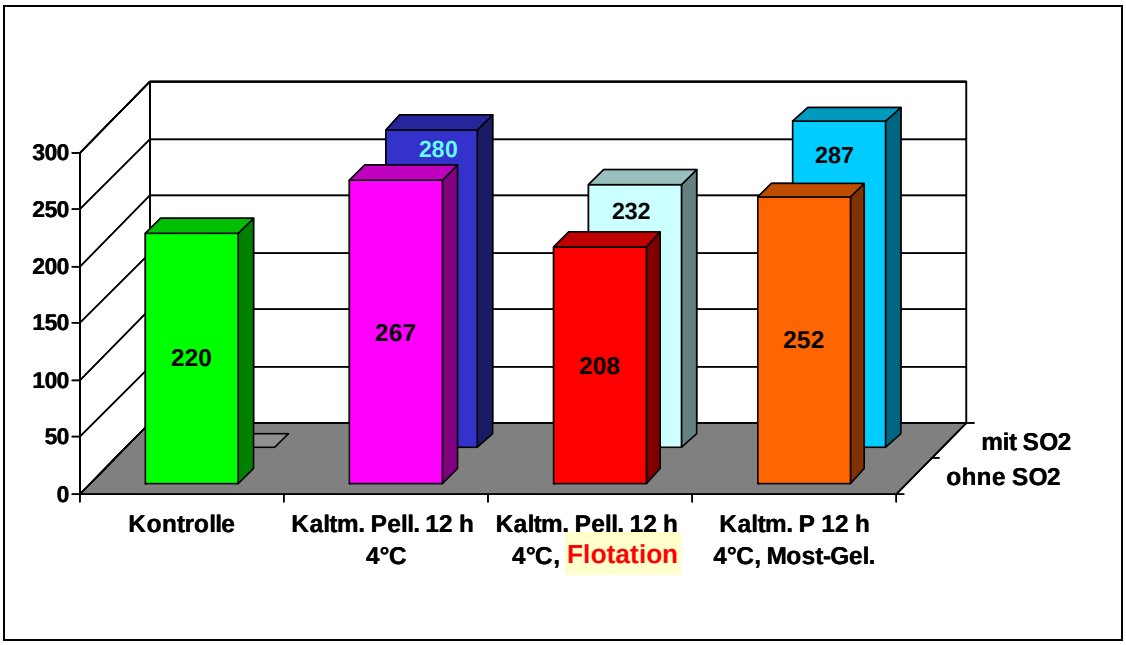


Abb.44: Einfluss der Flotation nach Maischestandzeit auf die Gesamtphenole bei Riesling Spätlese, 2005 (mg/l, Folin-Ciocalteau)

Da eine Phenolreduktion durch Flotation mit Luft erfolgt, liegt es nahe, dies bei Lesegut mit höheren Phenolgehalten zu nutzen. Daher wurden Moste nach starker mechanischer Belastung beziehungsweise nach längerer Maischestandzeit (durch Kaltmaceration, 12 h bei 4 °C und 24 h bei 17 °C) sedimentiert und mit Luft flotiert.

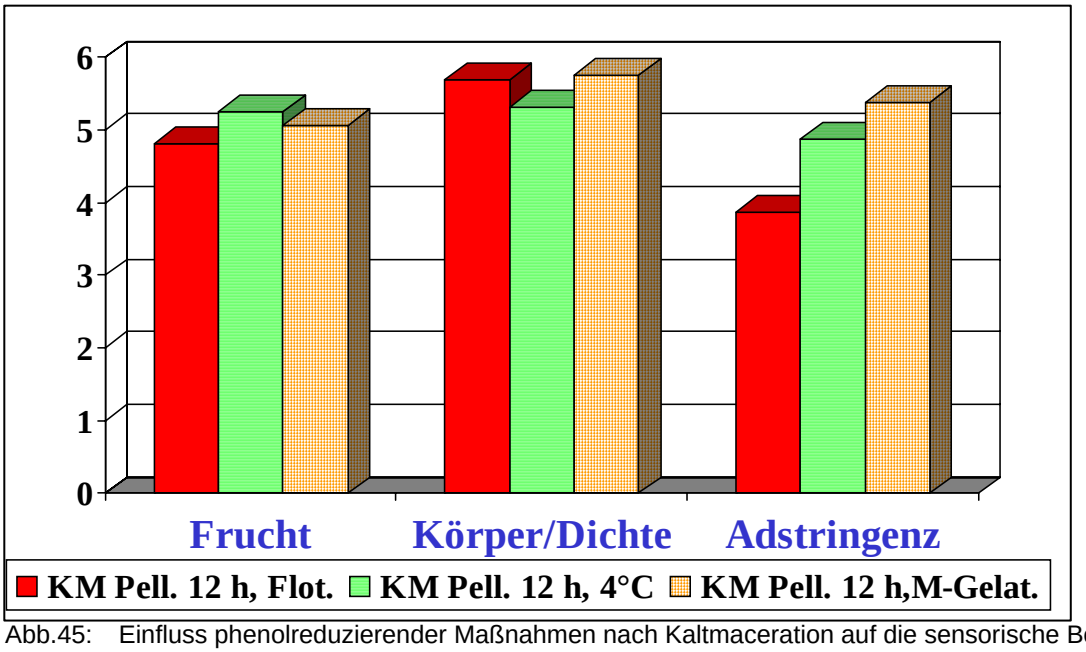


Abb.45: Einfluss phenolreduzierender Maßnahmen nach Kaltmaceration auf die sensorische Beurteilung, Riesling Spätlese, 2005, n=13

Die phenolreduzierende Wirkung ist in den Abbildungen 44 und 45 zu erkennen. Die Flotation führte zu ähnlich intensiver Beschreibung der Attribute Frucht und Körper/Dichte, allerdings zu

einer deutlichen Abnahme der Adstringenz. Eine statistisch abgesicherte hedonistische Bevorzugung nach der Rangziffermethode konnte nicht beobachtet werden.

Eine vergleichbare Phenolreduktion konnte auch in dem Versuch von 2002, (Tab. 8) beobachtet werden, eine sensorische Bevorzugung nach der Rangziffermethode ergab sich auch hier nicht.

Gerade bei langer Maischestandzeit oder starker mechanischer Belastung kann die Flotation mit Luft somit zur gezielten Phenolreduktion genutzt und die Notwendigkeit einer nachträglichen Schönung zur Gerbstoffreduktion deutlich vermindert werden.

Tab. 8: Einfluss der Mostvorklärung auf die gehalte ausgewählter Polyphenole in mg/l und die sensorische Beurteilung der Riesling-Weine Jahrgang 2002

Tab.8: Einfluss der Mostvorklärung auf die Gehalte ausgewählter Polyphenole in mg/l und die sensorische Beurteilung der Riesling-Weine Jahrgang 2002

	Caftar-säure mg/L	Glutathionyl caftar säure (GRP)* mg/L	Coutar-säure ** mg/L	p-Coumar-säure mg/L	Ferula-säure mg/L	Summe Phenole HPLC	Gesamt-phenole (Folin) mg/L	Verkostung am 27.5.03, n = 54, Rangziffer methode ***		28. April 2003 n=16		25. April 2004 n=67	25. April 2004 n=67
								Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2
Sedimentation ohne Enzym	17	2,4	2,7	0,8	0,6	45,8	178	2,93		3,55		3,73	
Sedimentation mit Enzym	17,9	2,7	2,8	1	0,5	42,3	188	2,90		3,25		2,63	
Flotation Luft mit Bent.+Enz.	11,7	1,3	3	1,4	0,5	33,7	183	2,65	2,35	2,50	3,25	2,51	2,70
Flotation Stickstoff mit Bent.+Enz.	23,6	4,3	3,4	1,4	0,7	51,3	220	3,55		2,60	2,60	3,13	
Flot hohe Phen Luft, Enz.+Bent.	13,5	2,3	2,4	1,4	0,6	36,9	199		2,60		3,00		2,15
Flot hohe Phen Stickst., Enz.+Bent.	34,8	6,6	6,9	1,5	0,8	70,9	249		2,55		3,00		2,65

Datenanalyse FA Geisenheim, Fachgebiet Weinanalytik und Getränkeforschung
*ber.als Kaffeesäure, ** ber. als Coumarsäure
*** Signifikante Unterschiede bei Rangzifferdifferenz größer 1

7.5 Einfluss der Flotation auf den Gehalt an flüchtigen Phenolen (Vinylphenol, Vinylguajacol)

Untersucht man Vinylphenol und Vinylguajacol, die sensorisch oft mit rauchigen, würzigen Noten beschrieben werden, so lassen die Weine aus strapaziertem Lesegut auch höhere Gehalte an diesen flüchtigen Phenolen erkennen (Abb. 46). Erhöhte Gehalte der Vorläufer-Phenole Coumarsäure und Ferulasäure, aus denen diese flüchtigen Phenole gebildet werden, waren allerdings nicht zu beobachten (s. Tab. 8). Lediglich die Coutarsäure war bei hoher mechanischer Belastung und Flotation mit Stickstoff erhöht, kann somit auch den gemessenen erhöhten Gehalt an Vinylphenol bedingen. Ähnlich hohe Gehalte an Vinylphenol und Vinylguajacol sind beim Enzymzusatz zur Sedimentation zu erkennen, was auf eine Spaltung der Weinsäureester durch die Pektinase schließen läßt. Eine signifikante sensorische Ablehnung dieser Weine mit höheren Gesamtphenolen und höheren flüchtigen Phenolen war selbst bei Flotation mit Stickstoff nach einer Verkostung nach der Rangziffermethode nicht zu beobachten (s. Tab. 8).

Solche flüchtigen Phenole wurden bei diesen Rieslingweinen also nicht unbedingt negativ bewertet.

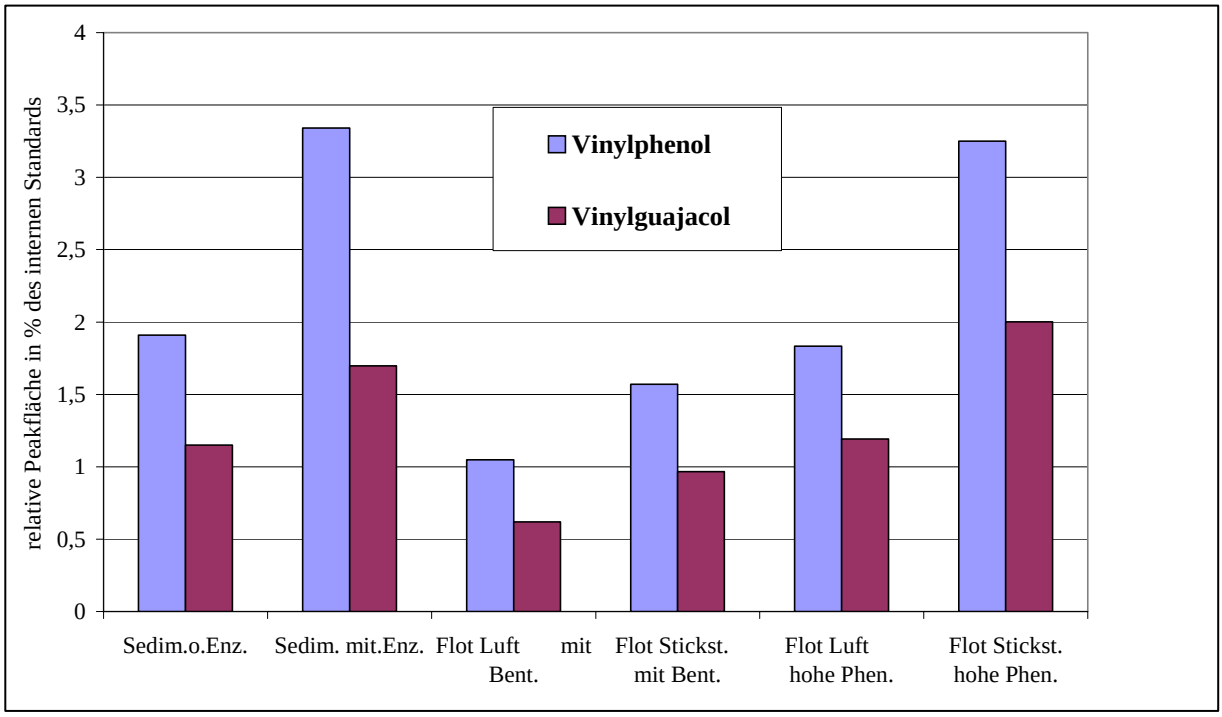


Abb.46: Flüchtige Phenole in 2002er Riesling Wein nach unterschiedlicher Mostvorklärung (Datenanalyse April 2003, Weinbauinstitut Freiburg)

Vergleicht man Flotation mit Luft oder Stickstoff, finden sich höhere Konzentrationen an flüchtigen Phenolen nach Stickstoffverwendung. Ähnliche Ergebnisse erhielten Schmidt et. al 2003 beim Vergleich von reduktivem und oxidativem Ausbau. Höhere Gehalte an flüchtigen Phenolen werden offenbar gefördert durch höhere Konzentration an Ausgangssubstraten (Coutarsäure, Fertarsäure, Coumarsäure, Ferulasäure), vorhandene Aktivität von Cinnamylesterase wie Faktoren, die diese Fördern (lange Maische- oder Moststandzeiten sowie höhere Temperaturen, Wirkzeit).

Die Hypothese, dass bei Weinen mit höheren Gesamtphenolen die Flotation mit Luft sensorisch besser bewertet wurde, konnte in diesem Versuch nicht bestätigt werden. Allerdings wies das Traubenmaterial einen sehr guten Gesundheitszustand auf.

7.6 Einfluss der Flotation auf die Monoterpengehalte

In diesem Zusammenhang interessiert auch die Frage, ob Aromastoffe die bereits im Moststadium vorliegen durch die Flotation beeinflusst, insbesondere oxidiert werden. Auf die während der Gärung entstehenden Aromastoffe ist kein Einfluss zu erwarten. Daher wurden in Zusammenarbeit mit dem Weinbauinstitut Freiburg Monoterpene im Most und Wein nach Sedimentation mit und ohne Enzymzusatz und im Vergleich dazu nach Flotation mit Luft sowie Stickstoff gemessen. Weiterhin wurden Trauben des gleichen Ernteguts mit mechanisch starker Belastung verarbeitet, um auch Moste mit höheren Gesamtphenolgehalten zu flotieren. Die Trauben wiesen in diesem Versuch mit nur ca. 2 % Fäulnis einen sehr guten Gesundheitszustand auf. Damit sollte überprüft werden, ob bei Weinen mit höherem Phenolniveau die Flotation mit Luft und die damit verbundene Phenolreduktion, sensorisch besser bewertet wird.

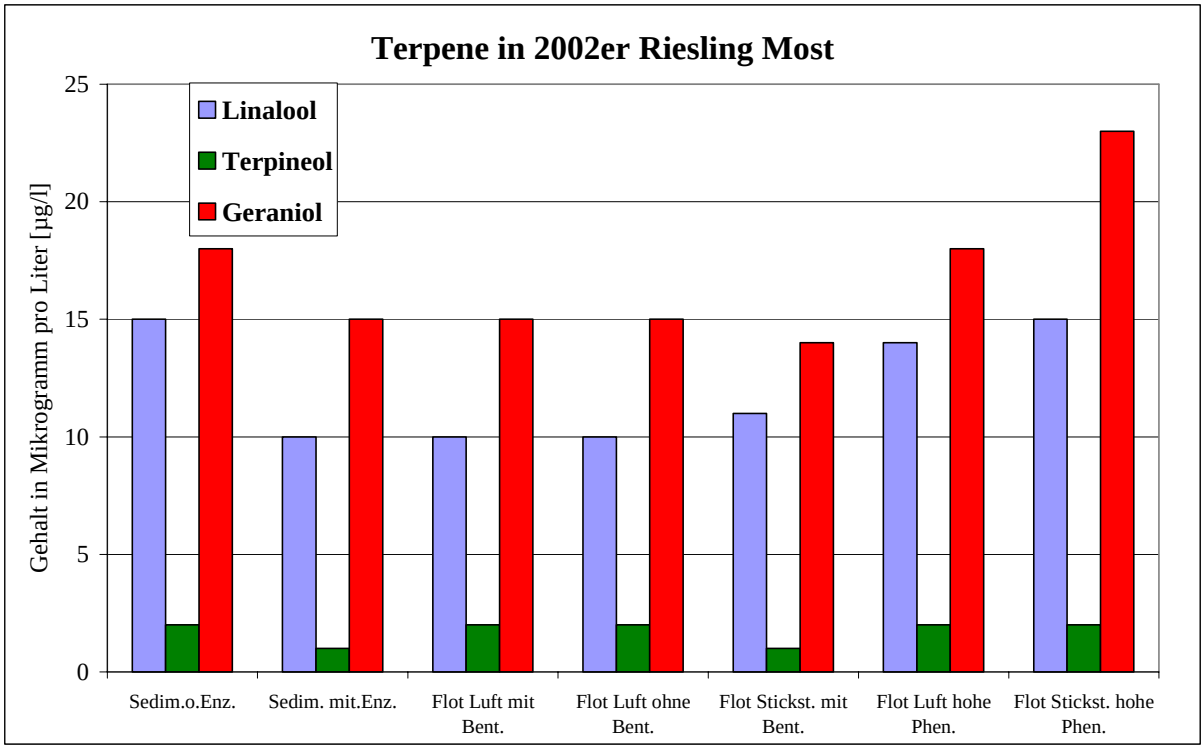


Abb.47: Monoterpene im Most nach alternativer Vorklärung, Riesling 2002

Bei der Untersuchung der Moste (Abb. 47) waren keine Unterschiede zu erkennen. Lediglich die Moste, die aufgrund einer starken mechanischen Belastung des gleichen Leseguts deutlich höhere Phenolgehalte aufweisen, zeigen bereits im Moststadium etwas höhere Gehalte an Monoterpenen. Vergleicht man nun die Weine (Abb. 48), so sind keine niedrigeren Gehalte an Monoterpenen flotierter Weine gegenüber der Sedimentation zu erkennen, weder beim Linalool noch beim Terpineol. Lediglich Weine aus dem stärker mechanisch belasteten Lesegut mit rund 30 mg/l höheren Gesamtphenolen zeigen auch leicht erhöhte Gehalte an Linalool und Terpineol.

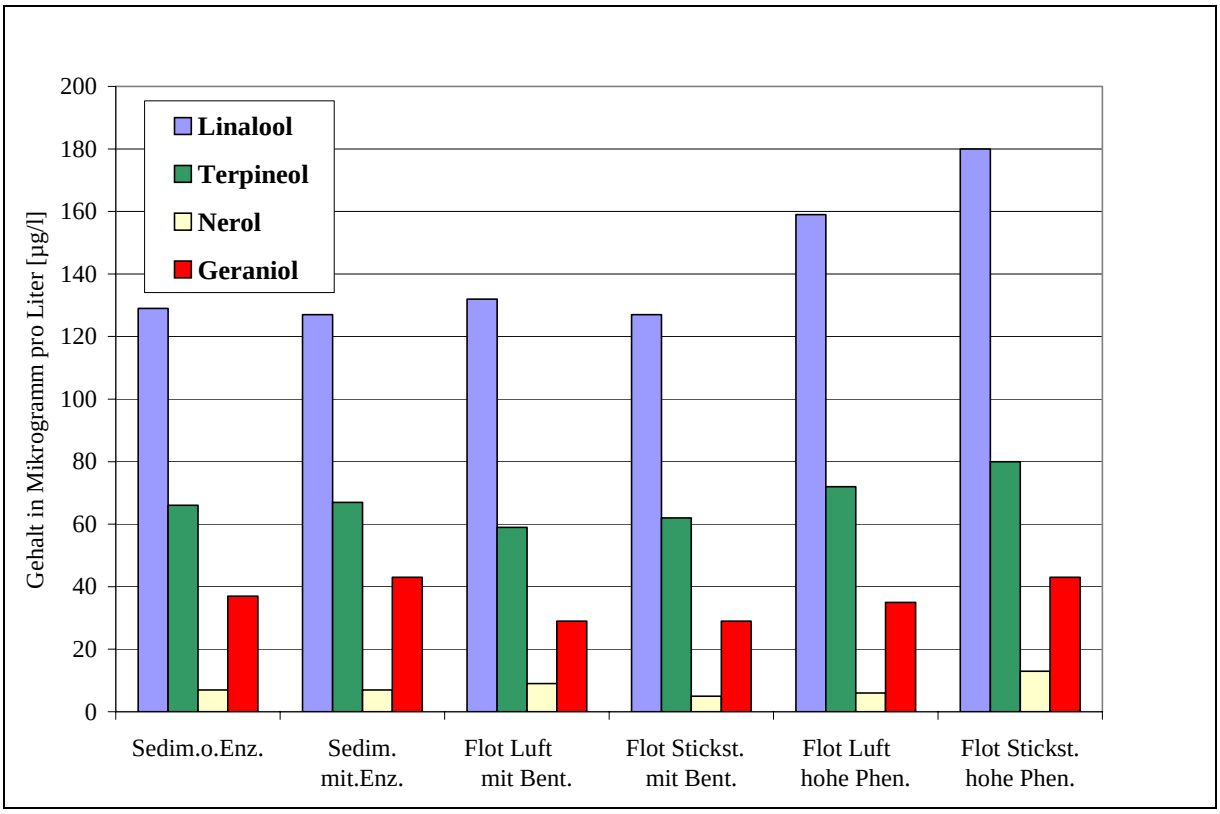


Abb.48: Monoterpene im Wein nach alternativer Vorklärung, Riesling 2002

Auch der Vergleich der Flotation mit Luft oder Stickstoff lässt keine Unterschiede erkennen. Ähnliche Ergebnisse findet Schmidt et. al. 2003 beim Vergleich von reduktivem und oxidativem Ausbau. Flotation vermindert somit bei den untersuchten Rebsorten mit Ausnahme des Sauvignon blanc nicht die Aromakomponenten.

7.7 Einfluss des Flotationsgases auf Aromenausprägung bei Sauvignon blanc

Das Aroma von Sauvignon blanc wird neben Monoterpenen wie Linalool, Geraniol oder Terpineol auch bestimmt durch die Gruppe der Methoxypyrazine und der schwefelhaltigen Thiole. Die Methoxypyrazine sind verantwortlich für den Geruch, der an Pfeffer und Paprika erinnert, die schwefelhaltigen Thiole wie das 4-Mercapto-4-methylpentan-2-on (4MMP) für den Geruch nach Schwarzer Johannisbeere, oder das 3-Mercaptohexanol (3MH) für den Geruch nach Grapefruit oder Passionsfrucht.
Diese schwefelhaltigen Aromastoffe sind an die Aminosäure Cystein gebunden und können durch die Cysteinlyase der Hefen freigesetzt werden, unterliegen somit einem gärungsbedingtem Anstieg. Darüber hinaus liegt eine oxidative Reduktion der schwefelhaltigen Thiole nahe, die sich bereits im Maische- und Moststadium auswirken könnte. Deshalb wurde der Einfluss von oxidativer oder reduktiver Kelterung und Mostverarbeitung untersucht. Hierzu wurde sowohl mit Luft als auch mit Stickstoff flotiert (Tab. 9). Die oben dargestellten Ergebnisse der Polyphenole zeigten bei diesen beiden Varianten den größten Unterschied beim Einfluss des Sauerstoffs.

Tab.9: Versuchsansatz im Jahrgang 2006 bei Sauvignon blanc

	Oxidativ		Reduktiv		
Kelterung	-	-	CO2 durch Trockeneis in Tankpresse		
Most	-	ASC	CO2	ASC	SO2
Mostvorklärung	Flot Luft	Flot N2	Flot N2	Flot N2	Flot N2

Die Abbildungen 48 und 49 zeigen die sensorische Bevorzugung (Rangziffermethode) der reduktiven Mostverarbeitung durch Flotation mit Stickstoff im Vergleich zur Flotation mit Luft. Es ist allerdings auch erkennbar, dass weitere Sauerstoffakzeptoren, wie zum Beispiel der Schwefelzusatz, eine Rolle spielen.

Auch beim Sauvignon blanc ist der Anstieg der Gesamtphenole durch Flotation mit Stickstoff zu erkennen. Weitere Untersuchungen zu dieser Thematik sind bereits durchgeführt, Auswertung und Veröffentlichung werden folgen.

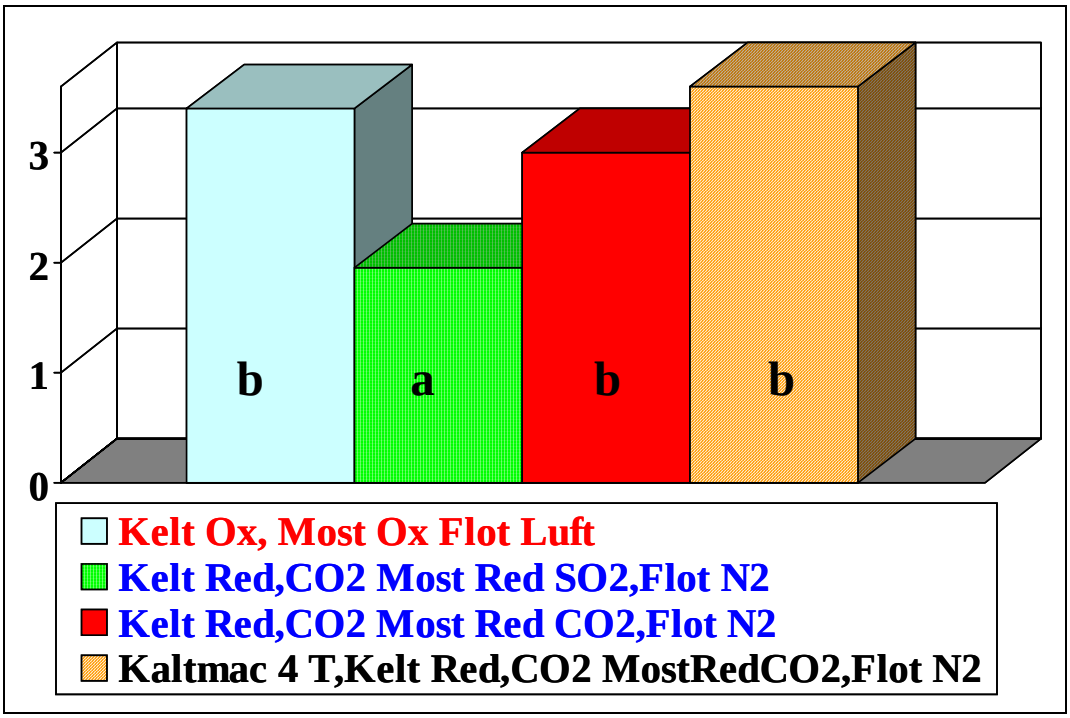


Abb.48: Einfluss der Maischestandzeit und der Mostvorklärung (Oxid/Red) auf die sensorische Beurteilung, Sauvignon blanc, 2006, n=13

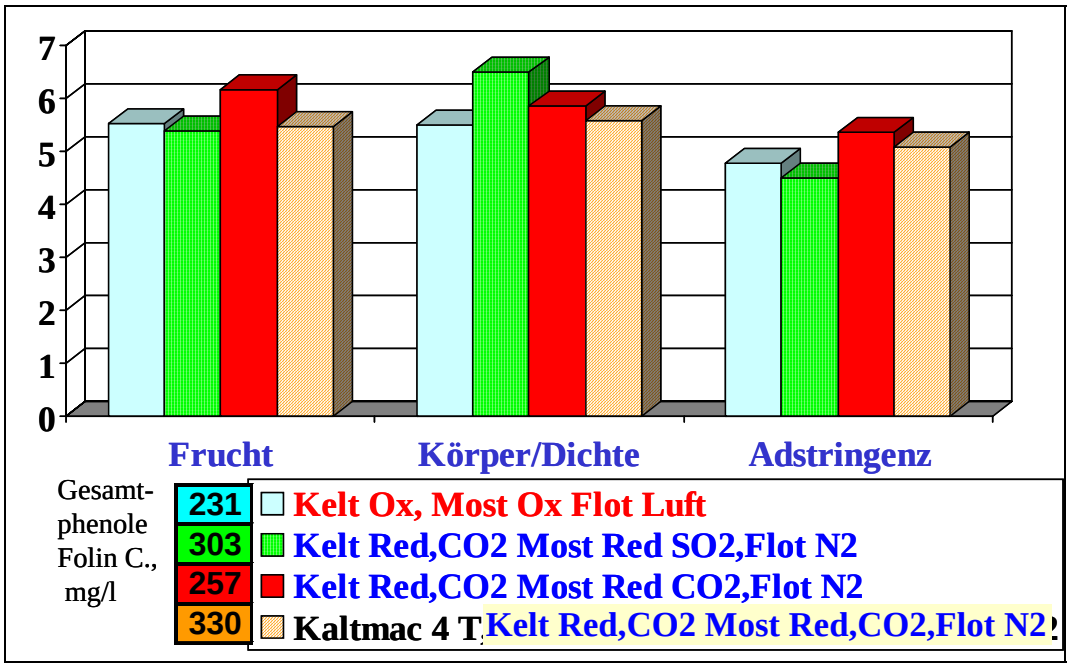


Abb.49: Einfluss der Maischestandzeit und der Mostvorklärung (Oxid/Red) auf die Gesamtphenole (Folin C.) und die sensorische Beurteilung, Sauvignon blanc, 2006, n=13

7.8 Einfluss der Flotation auf den Stickstoffgehalt der Moste

Neben der Veränderung sensorisch relevanter Inhaltsstoffe durch die Flotation stellt sich auch die Frage, inwieweit die Nährstoffgehalte der Moste, und da vor allem die Stickstoffversorgung, durch die Flotation beeinflusst werden. Gärprobleme nach starker Vorklärung durch Flotation und zu geringer Hefedosage sind durchaus bekannt, können aber auch nach zu starker Vorklärung durch Sedimentation auftreten. Daher wurde mit dem Ferm-N-Test die Stickstoffversorgung untersucht. Mit dem Ferm-N-Test erhält man einen dimensionslosen Ferm-N-Wert, der im Wesentlichen die Versorgung der Moste mit Aminosäuren ausdrückt. Weiterhin wird der Gehalt an Ammonium ermittelt. Hieraus lässt sich eine eventuell notwendige Nährstoffergänzung durch die Zugabe von Diammoniumphosphat oder Kombipräparaten mit Hefezellen ableiten.

Bei den oben dargestellten Versuchen aus dem Jahr 2002 konnte bei durch Flotation vorgeklärten Mosten keine schlechtere Stickstoffversorgung festgestellt werden als nach Sedimentation (s. Abb. 3). Ein Einfluss des Flotationsgases war nicht zu erkennen.

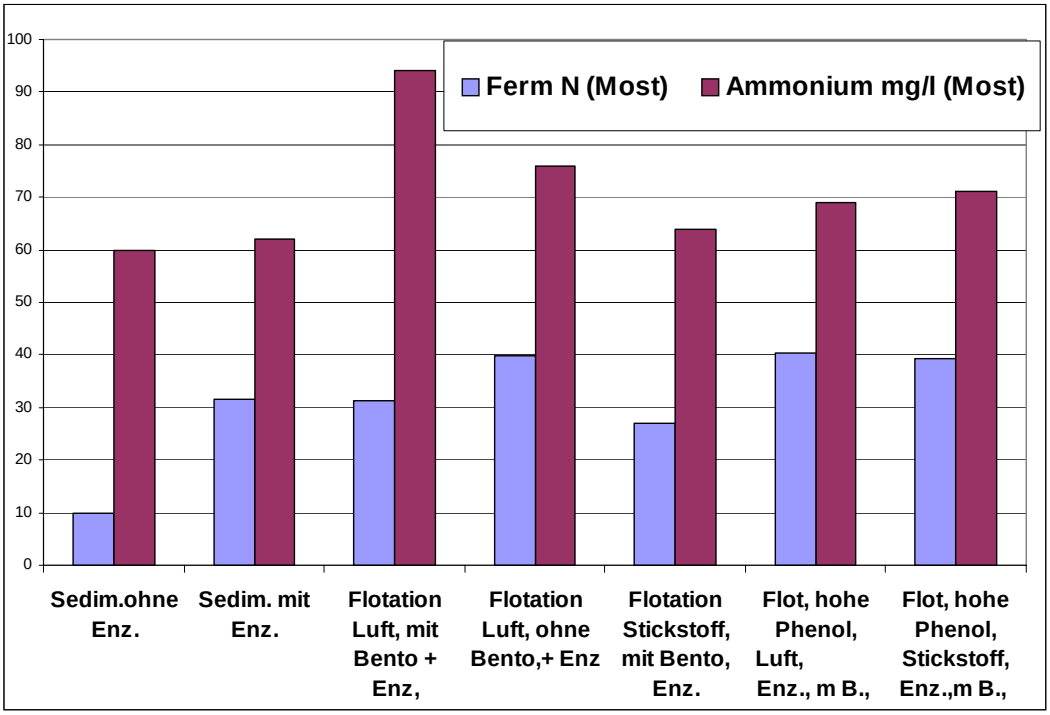


Abb.50: Einfluss der Mostvorklärung auf Ferm-N-Wert und Ammoniumgehalte (mg/l) im Most

Der niedrige Ferm-N-Wert nach Sedimentation ohne Enzym dürfte auf einen Analysefehler zurückzuführen sein. Höhere Ferm-N-Werte waren auch hier bei den Mosten mit stärkerer mechanischer Belastung des Leseguts zu finden, sowie bei Verzicht auf einen Bentoniteinsatz. Dies ist bei der Flotation zur Verbesserung der Vorklärung nicht notwendig, wird in der Regel aber aus Gründen der Eiweißstabilisierung auch bei der Flotation eingesetzt. Die stärkere mechanische Belastung hat neben mehr Phenolen wohl auch mehr stickstoffhaltige Inhaltsstoffe extrahiert, wenngleich Kaliumgehalt, Gesamtsäure und pH-Wert nicht verändert waren. Alle Moste des Versuchs zeigten eine geregelte Vergärung ohne Gärstockung beim Hefe-Einsatz von 15 g/hl Siha 7. Hefenährstoffe wurden nicht zugegeben. Eine schlechtere Versorgung an stickstoffhaltigen Nährstoffen nach der Flotation kann aus diesem Versuch nicht abgeleitet werden. Auch eine Untersuchung der Zwischenschicht und des Trubdepots nach Sedimentation oder Flotation ließ keine Reduktion stickstoffhaltiger Nährstoffe in flotierten Mosten erkennen.

7.9 Flotation von Rosé/Weißherbst-Mosten

Durch den Einfluss des Sauerstoffs bei Flotation mit Luft wäre eine Oxidation der Farbstoffe bei Weißherbstmosten denkbar. Daher wurden Moste sedimentiert und mit Luft beziehungsweise mit Stickstoff flotiert. Anhand der Daten in Tabelle 10 ist kein eindeutiger analytischer Farbunterschied zu erkennen. Das Farbdefizit der Stickstoff-Variante in 1999 ist durch die Schichtenfiltration bedingt, da die Farbsumme vor der Filtration 0,65 (Luft) zu 0,68 (N_2) betrug.

Die geringe Phenolreduktion von etwa 15-20 mg/l Gesamtphenole (Folin) ist bei allen drei Versuchsansätzen zu erkennen.

Sensorische Unterschiede waren bei den Weinen nicht zu ermitteln. Daher muss aus Farbgründen nicht mit Stickstoff flotiert werden.

Portugieser Weißherbst	Gesamt-	E 420	E 520	E 620	Farb-	E 420	freie SO2	ges SO2
2004	phenole (mg/l)				summe	/520	mg/l	mg/l
Sedimentation	**183**	0,13	0,07	0,01	**0,21**	1,9	41	71
Flotation **Luft**	**168**	0,11	0,07	0,01	**0,19**	1,6	36	71
Flotation **Stickstoff**	**173**	0,12	0,08	0,01	**0,21**	1,5	41	72
2001								
Flotation **Luft**	**198**	0,66	0,66	0,05	**1,37**	1,0	4	13
Flotation **Stickstoff**	**219**	0,62	0,99	0,04	**1,65**	0,6	4	13
1999								
Flotation **Luft**	**260**	0,465	0,355	0,183	**1,00**	1,3	21	96
Flotation **Stickstoff**	**275**	0,186	0,139	0,029	**0,35**	1,3	20	110

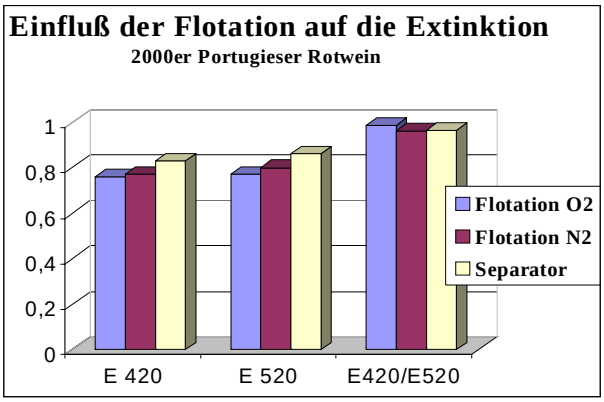
Tab.10: Analytische Daten von Portugieser Weißherbst nach Flotation mit Luft und Stickstoff

7.10 Flotation erhitzter Rotmoste

Bei erhitzten Rotmosten ist der Energieeinsatz zur Mostrückkühlung und zur nachfolgenden Gärkühlung sehr hoch. Weiterhin wird die Maischeerhitzung bei teilweise faulem Lesegut eingesetzt. Das Interesse an einer Mostvorklärung ist daher durchaus groß, lässt sich allerdings mit einer Sedimentation nicht umsetzten, da die Gärung der erhitzten Rotmoste sehr schnell beginnt. Lediglich mit einem Separator ist die Vorklärung zu realisieren. Daher wurde die Flotation erhitzter Rotmoste untersucht und mit einem Separatoreinsatz oder einer Sedimentation verglichen, beziehungsweise Luft und Stickstoff als Flotationsgas verwendet und die Gelatinedosage variiert.

Da die Gaslöslichkeit mit zunehmender Temperatur sinkt, ist die Flotation erst bei Temperaturen unter 35 °C anzuraten. Bei kleineren Mengen ist diese Temperatur bereits nach Enzymzusatz und vollzogener Standzeit von etwa 4 h erreicht. Ein positiver Zusatzeffekt der Flotation ist durch den Gasaustrag begründet. Dieser führt zu einer zusätzlichen Abkühlung der Rotmoste, was zur Energieeinsparung beiträgt. Die Resttrubgehalte betrugen bei dem Versuch mit St. Laurent bei Flotation 1,5 Gew. %, bei der Sedimentation 1,9 Gew. %. Somit wurde in diesem Versuch eine deutlich schlechtere Mostvorklärung als bei Weißmosten erzielt. Bei den anderen Versuchsansätzen betrug der Resttrubgehalt 0,4 Gew. %. Die Phenolreduktion von etwa 30-50 mg/l durch Flotation mit Luft ist bei den deutlich höheren Gesamtgehalten der Rotweine von geringerer Bedeutung, vermag allerdings bei früh zu vermarktenden Rotweinen zur schnelleren Harmonie beitragen.

Die Flotation führt zu einer gewissen Farbreduktion durch den Gelatinezusatz, der verfahrenstechnisch notwendig ist (Abb. 51). Ein positiver Effekt des Sauerstoffs auf die Polymerisation von farblosen Polyphenolen und den Anthocyanen ist aufgrund der kurzen Verweildauer des Sauerstoffs nicht zu beobachten, der farbreduzierende Gelatineeinfluss wiegt deutlich stärker.



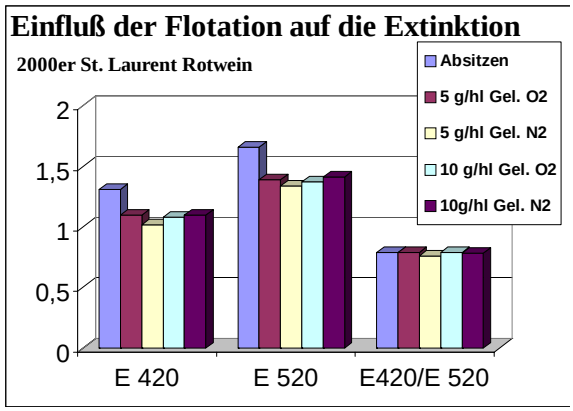


Abb.51,52: Einfluss der Flotation auf die Farbe im Wein bei erhitzten Rotmosten

Die flotierten Weine zeigten sich sensorisch etwas fruchtiger und reintöniger. Die Variante mit Sedimentation wies sogar einen Böckser auf. Ein Unterschied zwischen Flotation mit Luft und Stickstoff war sensorisch nicht zu erkennen. Somit kann auf den etwas teureren Stickstoff bei Flotation von Rotmosten verzichtet werden.

Neben dem Separator bietet die Flotation auch die einzige praxisgerechte Möglichkeit, Kohle aus maischeerhitzten Rotmosten gut zu entfernen.

Portugieser Rotwein, ME, 1999	Gesamt-phenole (mg/l)	E 420	E 520	E 620	Farb-summe	E 420 /520	freie SO2 mg/l	ges SO2 mg/l
Flotation Luft	**684**	0,992	0,953	0,313	**2,258**	1,0	43	67
Flotation Stickstoff	**776**	0,991	1,166	0,277	**2,434**	0,8	40	62

Portugieser Rotwein, ME, 2000	Gesamt-phenole (mg/l)
Separator	**1223**
Flotation Luft	**1079**
Flotation Stickstoff	**1104**

St. Laurent Rotwein, ME, 2000	Gesamtphenole (mg/l)
Sedimentation	**1325**
5 g/hl Gel., Flot Luft	**1290**
5 g/hl Gel., Flot Stickstoff	**1259**
10 g/hl Gel.,Flot Luft	**1265**
10 g/hl Gel.,Flot Stickstoff	**1354**

Tab.11: Analytische Daten von Portugieser Rotwein, Maischeerhitzung nach Flotation mit Luft und Stickstoff

7.11 Weitere Verwendungsmöglichkeiten der Flotationsanlagen

Flotationsanlagen lassen sich außer zur Mostvorklärung auch zum Abstich von Rotweinen unter Lufteinfluss verwenden.

Der eingetragene Sauerstoff übernimmt in der Rotweinbereitung eine wichtige Funktion. Neben der Beseitigung von Böcksern und der Entfernung von Kohlensäure durch Lüften stehen vor allem die Farbstoffstabilisierung und die Förderung der Rotweinreifung durch Polymerisation von Tannin- und Anthocyanmolekülen zu Farbpigmenten höheren Molekulargewichts im Vordergrund.

Dies kann durch Mikrooxigenierung aber auch durch einen Abstich über Luft gefördert werden, bei dem bei maximaler Sauerstoffsättigung etwa 8 mg/l Sauerstoff aufgenommen werden. Hierzu kann zum einen durch einen nicht ganz geöffneten Kugelhahn oder über ein Sieb in eine Bütte abgestochen werden. Weiterhin läßt sich hierzu ein Sinterrohr einsetzen, welches bei nicht ganz geöffnetem Kugelhahn durch das entstehende Vakuum Sauerstoff einzieht. Aber auch eine Flotationsanlage läßt sich zum Abstich mit Luft nutzen. Dabei entsteht durch das Venturirohr ein Unterdruck, durch den Sauerstoff in den Wein gelangt.

In einem Versuch wurde ein Portugieser Rotwein (2003) mit leichtem Böckser ohne Abstich sowie über Luft über eine Bütte, mittels Sinterrohr und mit einer Flotationsanlage abgestochen (Abb. 53). Tabelle 12 zeigt die Farbwerte im gefüllten Wein sowie Ergebnisse der sensorischen Beurteilung. Die Farbvertiefung aufgrund der verstärkten Polymerisation ist anhand der Daten zu erkennen. Gleichzeitig wurde der Wein mit dem Abstich durch eine Flotationsanlage wie auch über eine Bütte besser als die Kontrolle beurteilt (Böckser vor Verkostung mit $CuSO_4$ beseitigt). Der Abstich mittels Flotationsanlage (nur 1 bar Gegendruck) hat demnach den meisten Sauerstoff eingebracht, wenngleich ein Wein maximal etwa 8 mg/l Sauerstoff bei 20 °C durch diese Maßnahme aufnehmen kann. Bedenkt man die CO_2-Sättigung in diesem Stadium, so dürfte die umgesetzte Sauerstoffmenge noch darunter liegen. Sie wurde nicht gemessen. Die Quantifizierung der zugeführten Sauerstoffmenge ist am ehesten noch durch die Flotationsanlage einzustellen, bei den anderen Verfahren ist dies reine Gefühlssache.

Abb.53: Abstich mit Lufteinbringung durch eine selbstansaugende Flotationsanlage

Geht man von den maximal 8 mg/l Sauerstoffaufnahme aus, so sollten etwa 2,5 % (1/5 der üblichen Einstellung) der Pumpenleistung Luft dosiert werden.

Tab. 12: Farbintensität und Verkostungsergebnisse nach verschiedenen Abstichverfahren, Portugieser 2003

	freie SO2 mg/l	GesPhenole mg/l	E 420	E 520	E 620	Farb-intensität	Verkostung (7/04) Rangziffer
ohne Abstich	39	1652	1,6	2,2	0,5	**4,3**	3,31 b
Abstich über Bütte	42	1647	1,7	2,2	0,5	**4,4**	**2,13 a**
Abstich mit Flotation-sanlage	47	1683	1,8	2,4	0,6	**4,8**	**2,07 a**

Der erste Abstich über Luft ist also die einfachste und erste Maßnahme im Ablauf der Weinbereitung, die neben einer Beseitigung eventueller Böckser den Austrag von Gärungskohlensäure fördert und gleichzeitig früh den benötigten Sauerstoff zur Polymerisation einbringt. Neue Techniken vereinfachen die Durchführung dieser Maßnahme. Die Entfernung der Gärungskohlensäure ist auch die Voraussetzung für eine weitere Sauerstoffzufuhr in Form der Mikrooxigenierung.

Ein weiterer Vorteil der Flotationsanlagen besteht in der deutlich höheren Literleistung im Vergleich mit den anderen oben genannten Verfahren wie auch in der einfacheren Durchführung.

Auch mit Flotationsanlagen, die mit einem Kompressor arbeiten, wurden Versuche durchgeführt. Es lässt sich damit ebenfalls ein Lufteintrag beim Abstich realisieren.

An dieser Stelle sei eine zusätzliche Erfahrung aus der Winzerpraxis eingebracht, die allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht wurden: Eine Flotationsanlage mit Kreiselpumpe (Kompressordruck-Typ) wurde erfolgreich zur Einlagerung von Süßreserve in Drucktanks nach Vorspannung von CO_2 genutzt. Konzentrationen an CO_2 wurden allerdings nicht gemessen.

7.12 Verkostungsergebnisse

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden mehr als 90 Weine der Rebsorten Müller-Thurgau, Würzer, Silvaner, Scheurebe, Sauvignon blanc, Riesling, St. Laurent, Portugieser aus den Jahrgängen 1999-2006 nach Sedimentation (16 h), Separation, Flotation mit Luft oder mit Stickstoff vergoren, gefüllt und zu verschiedenen Zeitpunkten verkostet.

In der Regel wurden die Weine nach der Rangziffermethode beurteilt.

Je nach Versuchsanstellung wurden 2 bis 4 Weine miteinander verglichen.

In 27 Verkostungen konnten Weine nach Vorklärung mit dem Separator mit Weinen nach Mostvorklärung durch Flotation verglichen werden. In sechs Fällen wurden die Weine nach Separation besser als die Flotation beurteilt, in sechs Fällen wurden die Weine nach Flotation besser als nach dem Separieren beurteilt, in 15 Vergleichen ließ sich kein signifikanter Unterschied mittels der Rangziffermethode ermitteln.

Tab. 13: Anzahl der Verkostungen mit signifikanten Ergebnissen zugunsten der jeweiligen Vorklärmethode nach direkten Vergleichen mit der hedonistischen Rangziffermethode (Paul)

Signifikant besser	Signifikant besser	Nicht signifikant
Separator	**Flotation**	
6	6	15

Sedimentation	Flotation	
2	7	8

Flotation Luft	Flotation N2	
2	6	23

Bei 17 sensorischen Vergleichen von Weinen, die durch Sedimentation vorgeklärt wurden mit Weinen nach einer Flotation, wurden die flotierten Weine in sieben Vergleichen signifikant besser beurteilt, die sedimentierten Weine zweimal signifikant besser als die flotierten Weine. In acht Vergleichen konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden.

In 31 Vergleichen von flotierten Weinen nach einer Flotation mit Luft beziehungsweise mit Stickstoff ergab sich in sechs Vergleichen ein signifikantes Votum zugunsten der Flotation mit Stickstoff, in zwei Fällen eine Bevorzugung der Flotation mit Luft, in 23 Vergleichen ließ sich kein signifikanter Unterschied ermitteln.

Da die Flotation mit Luft wie bereits gezeigt zu einer Reduzierung der Polyphenole führt, wurden Moste nach einer absichtlich stärkeren Phenolextraktion durch mechanische Belastung oder längere Maischestandzeiten mit Luft oder Stickstoff flotiert und miteinander verglichen. Moste wurden nach 12 h Kaltmazeration bei 4 °C mit Luft flotiert und mit einer Sedimentation beziehungsweise Sedimentation und Gelatinezusatz verglichen.

Der Versuch mit Riesling im Jahr 2001 zeigt nach 16 h Maischestandzeit keine signifikanten sensorischen Unterschiede obwohl die Gesamtphenole je nach Vorklärverfahren um bis zu 100 mg/l (30 %) variieren (Tab. 14).

Tab.14: Einfluss von Maischestandzeit und Flotationsgas auf die Gesamtphenole und Sensorik

Einfluß von Maischestandzeit und Flotationsgas auf Gesamtphenole n. Folin (mg/l) und sensor. Beurteilung Riesling Spätlese, 2001	n = 62	
	Ges.- Phen.	**Rangz.**
Flotation Luft (O2)	206	2,35
Flot Stickstoff (N2)	254	3,30
MSZ 16 h, Flotation Luft (O2)	315	n. verk.
MSZ 16 h, Flotation Stickstoff (N2)	318	3,40

Auch die flotationsbedingte Phenolreduktion nach starker mechanischer Belastung führte trotz Phenolunterschieden von etwa 60 mg/l (Folin Ciocalteau) zu keiner signifikanten sensorischen Differenzierung der Weine, sowohl nach Rangziffer als auch bei einer Beschreibenden Sensorik bezüglich der Attribute Fruchtigkeit oder Adstringenz.

Tab.15: Einfluss der Mostvorklärung auf die Gehalte ausgewählter Polyphenole in mg/l und die sensorische Beurteilung der Riesling-Weine Jahrgang 2002

	Caftar-säure mg/L	Glutathionyl caftar säure (GRP)* mg/L	Coutar-säure ** mg/L	Summe Phenole HPLC	Gesamt-phenole (Folin) mg/L	Verkostung am 27.5.03, n = 54, Rangziffer methode ***		28. April 2003 n=16	28. April 2003 n=16	25. April 2004 n=67	25. April 2004 n=67
						Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2	Probe 1	Probe 2
Sedimentation ohne Enzym	17	2,4	2,7	45,8	178	2,93		3,55		3,73	
Sedimentation mit Enzym	17,9	2,7	2,8	42,3	188	2,90		3,25		2,63	
Flotation Luft mit Bent.+Enz.	11,7	1,3	3	33,7	183	2,65	2,35	2,50	3,25	2,51	2,70
Flotation Stickstoff mit Bent.+Enz.	23,6	4,3	3,4	51,3	220	3,55		2,60	2,60	3,13	
Flot hohe Phen Luft, Enz.+Bent.	13,5	2,3	2,4	36,9	199		2,60		3,00		2,15
Flot hohe Phen Stickst., Enz.+Bent.	34,8	6,6	6,9	70,9	249		2,55		3,00		2,65

Datenanalyse FA Geisenheim, Fachgebiet Weinanalytik und Getränkeforschung
*ber.als Kaffeesäure, ** ber. als Coumarsäure
*** Signifikante Unterschiede bei Rangzifferdifferenz größer 1

Eine lange Maischestandzeit von bis zu vier Tagen bei 4 °C in Form einer Kaltmazeration kann zu einem Anstieg von bis zu 100 mg/l Gesamtphenolen (Folin) führen.

Die phenolreduzierende Wirkung der Flotation ist in den Abbildungen 54 und 55 zu erkennen. Die Flotation führte zu ähnlich intensiver Beschreibung der Attribute „Frucht“ und „Körper/Dichte“ allerdings zu einer deutlichen Abnahme der Adstringenz. Eine statistisch abgesicherte hedonistische Bevorzugung nach der Rangziffermethode konnte dennoch nicht beobachtet werden.

Die Verkostungsergebnisse der Rebsorte Sauvignon blanc sind auf Seite 55 bereits dargestellt. Hier ergab sich durchaus eine signifikante Bevorzugung der Flotation durch Stickstoff im Vergleich zur Flotation durch Luft. Dies dürfte auf die Oxidation der schwefelhaltigen Aromastoffe zurückzuführen sein. Daher sind zu dieser Thematik noch weitere Untersuchungen notwendig.

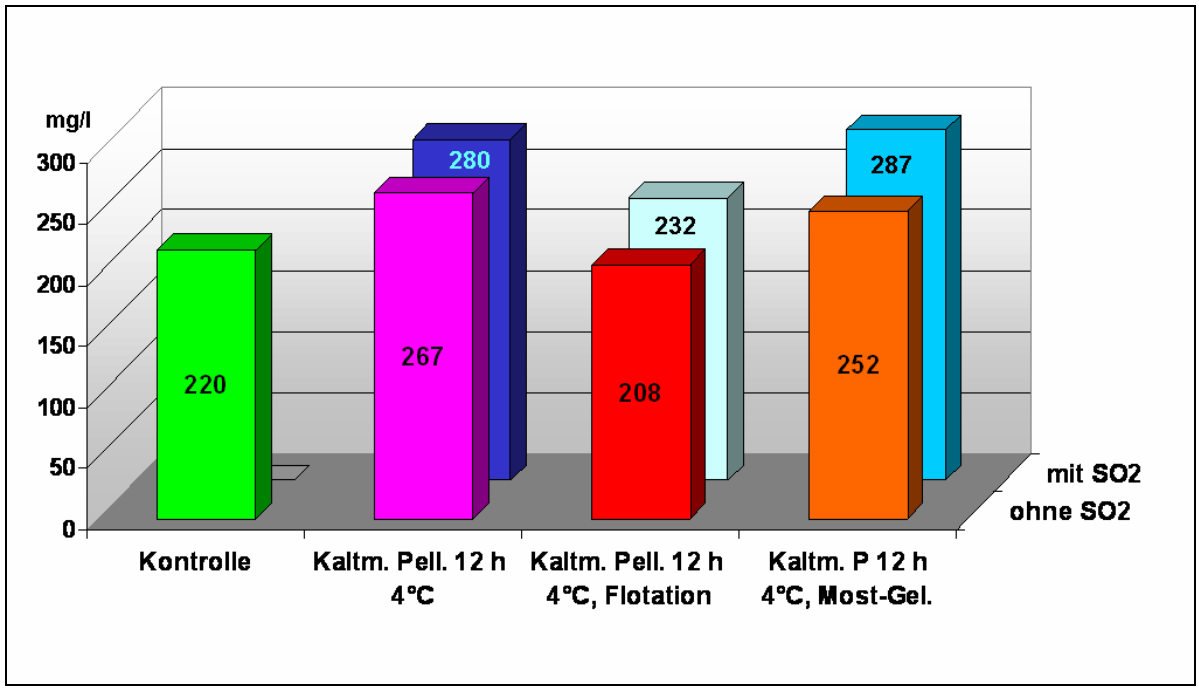


Abb.54: Einfluss der Maischestandzeit auf den Gesamtphenolgehalt bei Riesling Spätlese, 2005 (mg/l, Folin-Ciocalteau)

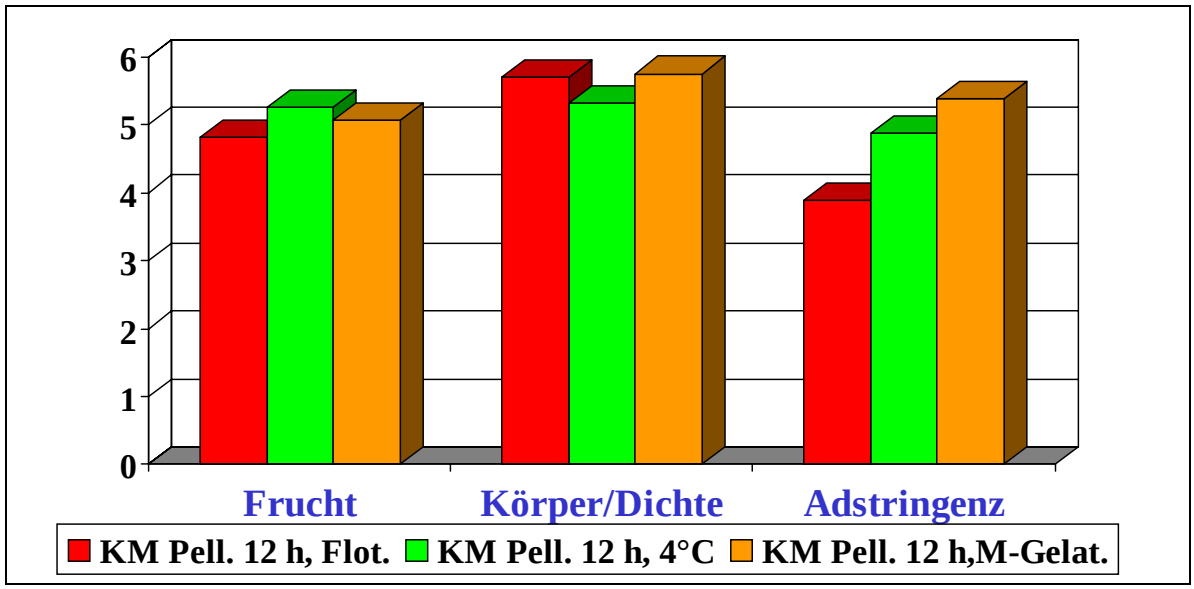


Abb. 55: Einfluss phenolreduzierender Maßnahmen nach Kaltmazeration auf die sensorische Beurteilung, Riesling Spätlese, 2005, Intensität der Attribute, n=13

Die Verkostung von flotierten Rotweinen nach Maischeerhitzung ergab in drei Vergleichen eine signifikante Bevorzugung der Mostvorklärung durch Flotation gegenüber Sedimentation oder Separatoreinsatz. Eine signifikante sensorische Differenzierung zwischen Flotation mit Luft beziehungsweise Stickstoff war nicht zu ermitteln.

1999 er Portugieser Rotwein, QbA,ME

	n=64		n=94	
Flotation Luft (O2)	2,2	a	2,0	a
Flotation Stickst.(N2)	1,8	a	2,0	a

2000 er Portugieser Rotwein, QbA,ME

	n=39		n=38		n=94	
Flotation Luft (O2)	2,80	ab	2,20	a	2,20	a
Flotation Stickst.(N2)	2,35	a	2,50	a	1,90	a
Separator	3,55	b	2,80	a	3,40	b

2000 er St. Laurent Rotwein,QbA,ME

	n= 35		n=34		n=64	
Sedimentation	3,40	b	5,60	c	3,55	b
Flot Luft (O2), 5 g/hl Gel.			3,00	ab		
Flot Luft (O2), 10 g/hl Gel.	2,50	b	2,20	ab	2,35	ab
Flot Stickst.(N2), 5 g/hl Gel.			3,30	b		
Flot Stickst.(N2), 10 g/hl Gel.	3,40	b	3,40	b	1,60	a

Tab.16: Einfluss der Flotation auf die Sensorik bei Rotweinen aus Maischeerhitzung

Der analytische wie auch sensorische Effekt durch einen Abstich mit Luft mittels einer Flotationsanlage ist auf der Seite 60 dargestellt. Die sensorische Bevorzugung der flotierten Variante war nach etwa 2 Jahren Flaschenlagerung egalisiert.

8 Diskussion und Schlussfolgerung

Im Zeitraum der Untersuchungen wurden kleinere, kompaktere und auch kostengünstigere Anlagen entwickelt, die den betrieblichen Gegebenheiten und Bedürfnissen kleinerer Winzerbetriebe entsprechen. Dies trug zur verstärkten Verbreitung und verstärktem Einsatz von Flotationsanlagen bei.

Auch die Erfahrungen aus den Herbsten 2000 und 2006 mit stark fäulnisbelastetem Lesegut und dem Sicherheitsgewinn in der Mostvorklärung durch die Flotation haben den intensiveren Einsatz der Flotation zur Mostvorklärung gefördert.

Selbstansaugende Flotationsanlagen mit Venturi-Prinzip sind unabhängig von einem Kompressor einzusetzen, bieten bei richtiger Einstellung gleich gute Vorklärergebnisse wie Anlagen mit Kompressordruck. Bei beiden Bauarten kann der Einsatz von Stickstoff als Flotationsgas realisiert werden.

Die Verbesserung der Kompaktheit und Anordnung der Bedienungselemente erbrachte ein Zugewinn in der Bedienungsqualität.

Durch Verbesserung der Mischer, Einsatz und Reinigung von Eckrohrsieben wurde die Verstopfungsanfälligkeit reduziert und damit die Bedienungssicherheit erhöht.

Eine einheitliche Einheitenangabe an den Luft-Durchflussmessern würde die Einstellung und die Kommunikation zur Bedienung einer Anlage weiter verbessern.

Die Entwicklung von Anlagen mit Exzenterschneckenpumpen ergab einen qualitativen Zugewinn im Vergleich zu Anlagen mit Kreiselpumpen.

Die weitere betriebliche Nutzung von Exzenterschneckenpumpen in der alleinigen Funktion als Pumpe wie auch aller Flotationsanlagenbauarten zum Abstich mit Luft im Rahmen der Rotweinbereitung oder zur Einlagerung von Süßreserve in Drucktanks nach Seitz-Böhi senkt die Stückkosten und erhöht damit die Rentabilität der Investition in eine Flotationsanlage.

Die heute angebotenen Anlagen können somit den Bedarf bei verschieden großen täglichen Keltermengen in Relation zur Betriebsgröße abdecken und neben der Flotation auch noch zu anderen Zwecken genutzt werden.

Die Kosten liegen unter denen bei Verwendung eines Separators und sind sogar etwas niedriger im Vergleich mit einer Sedimentation in Kälte unterstützten Vorklärtanks.

Die Flotation bietet gleich gute oder bessere Vorklärgrade als die Sedimentation unter den geforderten 0,6 Gew. % (Seckler, 2000), nahezu unabhängig vom Gesundheitszustand des Leseguts und erhöht somit deutlich die Sicherheit in der Mostvorklärung. Könitz et al. (2003) ermittelten zum Teil schlechtere Vorklärgrade für die Flotation als für Separator oder Sedimentation, allerdings immer noch unter 0,6 Gew. %. Bei diesen Versuchen wurde allerdings keine marktübliche Flotationsanlage verwendet, sondern eine Anlage in Eigenbau erstellt. Unter Umständen wurde dabei nur eine unzureichende Gassättigung erzielt mit der Folge schlechterer Vorklärung.

Bei den getesteten Anlagen ergaben sich bei richtiger Einstellung und Bedienung nahezu immer Resttrubgehalte unter 0,6 Gew. %. Lediglich eine sehr kleine Velo-Anlage (wurde nicht verkauft) erreichte die geforderten Werte nicht.

Selbst bei einem Botrytisbefall von 80 % Befallshäufigkeit konnte bei einem Chardonnay noch Resttrubgehalte von 0,2 Gew. % erzielt werden. Könitz et. al. erzielten bei Riesling mit ähnlicher Fäulnis nur 0,4 Gew. %.

Der Zusatz von pektolytischen Enzymen ist zu empfehlen, bei Verzicht oder zu geringer Dosage, zu kurzer Einwirkzeit (mind. 2 h, besser 4 h; Bentonitzusatz beendet Enzymwirkung) oder auch zu niedrigen Mosttemperaturen kann die Wirkung eingeschränkt werden.

Unbefriedigende Klärgrade mittels Flotation ergeben sich weiterhin bei Mosttemperaturen unter 10 °C, da zu wenig Flotationsgas imprägniert wird. Durch Verlängerung der Flotationszeit konnte auch bei Eiswein ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. Diese Zeitverlängerung mit der Folge der Erhöhung des imprägnierten Flotationsgases kann am besten bei der Kreislaufflotation verwirklicht werden. Überzogener Oxidation bei zu langer Flotation kann durch Verwendung von Stickstoff als Flotationsgas vermieden werden.

Die eingesetzten Schönungsmittel wie Kohle oder Bentonit lassen sich zufriedenstellend entfernen.

Die verbleibende Süßtrubmenge halbiert sich volumenmäßig durch die stärkere Verdichtung gegenüber der Sedimentation. Diese Ergebnisse decken sich auch mit Erfahrungswerten aus Praxisbetrieben.

Bei Verwendung von Luft als Flotationsgas liegt die oxidationsbedingte Reduzierung mostbürtiger Aromastoffe, vornehmlich der Monoterpene, nahe. Die Versuchsergebnisse ließen allerdings keine Reduktion der Monoterpene im Vergleich zur Sedimentation erkennen.

Auch beim Vergleich der Flotation mit Luft zu Flotation mit Stickstoff ergaben sich keine Unterschiede. Ähnliche Ergebnisse findet Schmidt et. al. 2003 beim Vergleich von reduktivem und oxidativem Ausbau.

Die intensive Mostoxidation wurde bereits Ende der 90er Jahre diskutiert (Müller-Späth, 1997), (Schneider, 1998), allerdings losgelöst von der Funktion der Mostvorklärung. Schneider (1998a) findet dabei vor allem eine Reduktion der flavonoiden Phenole, wobei Analysemethoden nicht dokumentiert sind. Dies deckt sich nicht mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen. Die Caftarsäure lag in der Mehrzahl der Untersuchungen in der höchsten Konzentration vor (Flotation mit Stickstoff, MW 30 mg/l, n = 7) und deutlich über den Konzentrationen an Catechin oder Epicatechin (4 mg/l). Caftarsäure und Coutarsäure wurden durch Flotation mit Luft zum Chinon (vergl. Ritter et al., 1996) oxidiert wobei GRP nicht anstieg.

Bei der Flotation mit Luft wird zwar mit 4-5-facher Sättigungsmenge an Sauerstoff imprägniert, allerdings entweicht das Gas auch relativ schnell. Schneider (1998) hat in seinen Untersuchungen im Abstand von einer Stunde erneut mit Sauerstoff gesättigt, so dass vermutlich insgesamt mehr Sauerstoff zur Oxidation der Phenole zur Verfügung steht als nach der Flotation mit Luft. Könitz et al. (2003) und Pour Nikfardjam (2001) finden eine oxidationsbedingte Reduktion der Phenolcarbonsäuren nach Flotation mit Luft.

Bei Mostvorklärung durch Sedimentation verbleiben mehr Phenole als bei Flotation mit Luft allerdings weniger als bei Flotation mit Stickstoff. Der vorhandene Sauerstoff aus der Kelterung und Mosteinlagerung oxidiert in Verbindung mit den 12-18 h Standzeit mehr Caftar- und Coutarsäure als bei der direkten Flotation mit Stickstoff, was zum Austreiben des Sauerstoffs führen dürfte.

Durch Wahl des Flotationsgases kann demnach bewusst Phenolmanagement betrieben werden.

Längere Maischestandzeiten, ob bei 20 °C oder in Form einer Kaltmaceration bei z.B. 4 °C, führen unter anderem zu deutlichem Phenolanstieg (Weiand, 2006). Hier kann eine Flotation mit Luft bei der anschließenden Mostvorklärung genutzt werden, um diesen Phenolanstieg zu reduzieren. Die Phenolreduktion kann auch sensorisch nachvollzogen werden.

Auch Fäulnisanteile im Lesegut führen vor allem bei stärkerer mechanischer Belastung während dem Traubentransport zu höheren Phenolgehalten. Auch unter diesen Umständen ist die Flotation mit Luft eine sinnvolle Alternative der Mostvorklärung, da sie schnelle Verarbeitung und damit Sicherheit in der Vorklärung mit einer Phenolreduktion verbindet.

Soll die Phenoloxidation vermieden werden, so kann mit Stickstoff flotiert werden. Dies kann bei Mosten mit geringem Phenolniveau aus gesunden Trauben in Verbindung mit schonender Traubenverarbeitung relevant werden. Auch für die Süßreservebereitung oder Traubensaftproduktion ist die Flotation mit Stickstoff anzuraten.

Phenole sind nicht nur Geschmacksträger sondern schützen auch andere Aromastoffe mitunter vor Oxidation, indem sie selber oxidiert werden. Sie werden in diesem Zusammenhang auch als Faktor zur Begrenzung einer untypischen Alterungsnote (UTA) diskutiert.

Lipps (2005) findet auch nach Flotation mit Stickstoff 2-AAP-Werte von 0,4-2,9 µg/l, die über der sensorischen Schwelle liegen. Vom dargestellten Prüferpanel von sechs Verkostern spricht allerdings trotz Konzentrationen von 2,9 µg/l nur ein Verkoster den Wein mit UTA an. Weine, die im Moststadium mit Luft flotiert wurden, weisen höhere Gehalte an 2-AAP auf (> 4 µg/l) als nach Flotation mit Stickstoff.

In allen untersuchten 104 Weinen die Grundlage dieses Berichts sind, wurde nach Flotation mit Luft, auch im Vergleich mit Stickstoff, keine Ausprägung der Untypischen Alterungsnote festgestellt. Lediglich in einer Versuchsreihe aus dem Jahre 1997 konnte in allen Varianten eines Riesling-Weines UTA festgestellt werden und war in der flotierten Variante sensorisch stärker ausgeprägt als in der sedimentierten oder der separierten Variante.

Somit sollten Moste aus Weinbergen mit UTA-Potenzial eher mit Stickstoff als mit Luft flotiert werden. Dabei sollten allerdings die weinbaulichen Ansätze zur Reduktion des UTA-Potenzials (u.a. Dauerbegrünung, Wasserstreß, zu früher Lesetermin, hohes Ertragsniveau), nicht vergessen werden, und vordergründlich zur UTA-Vermeidung optimiert werden, bevor Ascorbinsäurezusatz zum Tragen kommen.

Die insgesamt 75 hedonistischen Vergleichsverkostungen der Weine ergaben keine eindeutige Bevorzugung oder Ablehnung der Flotation gegenüber der Sedimentation oder dem Einsatz des Separators. Im Hinblick auf die Weinqualität kann das Verfahren als gleichwertig mit den genannten Verfahren eingestuft werden.

Flotierte Weine (Luft) zeigten sich im Zeitraum des ersten halben Jahres mitunter etwas früher entwickelt.

Die analytisch festgestellte Phenolreduktion konnte auch sensorisch durch Reduktion der Adstringenz nachvollzogen werden. Je nach persönlicher Präferenz führte das zur Bevorzugung oder Ablehnung der Weine mit weniger Phenolen.

Auch Seckler et. al. (2000) finden bei vier Versuchsreihen keinen signifikanten Unterschied zwischen Flotation mit Luft, Sedimentation und Separatoreinsatz. Lediglich in einer Versuchsreihe wurde die Sedimentationsvariante signifikant besser bewertet als die Flotationsvariante.

Könitz et. al. (2003) ermittelten bei drei Versuchsreihen zweimal eine schlechtere Bewertung der Flotation als der Sedimentation. Er führt dies in einem Fall auf fäulnisbedingte Aromakomponenten zurück, die aufgrund der Phenolreduktion stärker zum Tragen kamen.

9 Zusammenfassung

Im Zuge der weiteren Etablierung der Flotation wurden in den letzten Jahren verstärkt auch kostengünstigere Anlagen mit geringeren Stundenleistungen entwickelt, mit unterschiedlicher Bau- und Funktionsweise. Die Überprüfung der Eignung auch für kleinere Winzerbetriebe, der Funktionsfähigkeit und der Leistungsdaten sowie technischer Details war Gegenstand dieses ATW-Auftrags.

Daher wurden verschiedenste Anlagen in den Jahren 1998 bis 2005 eingesetzt, Vorklärleistung, Funktionalität und weitere Verwendungsmöglichkeiten geprüft, sowie in einzelnen Versuchsanstellungen der Gehalt an Polyphenolen, Monoterpenen und flüchtigen Phenolen in Weinen der Rebsorten Müller-Thurgau, Würzer, Silvaner, Scheurebe, Sauvignon blanc, Riesling, St. Laurent, Portugieser aus den Jahrgängen 1999-2006 nach Sedimentation (16 h), Separation, Flotation mit Luft oder mit Stickstoff untersucht. Weiterhin wurden dabei mechanische Lesegutbelastung, Maischestandzeit, Fäulnisgrad Enzym- und Schönungsmitteleinsatz variiert.

Die getesteten Anlagen waren alle funktionsfähig. In der Regel konnte ein Vorklärgrad unter 0,6 Gew. % erzielt werden. Sowohl selbstansaugende als auch Anlagen mit Kompressor erfüllten die Anforderungen an eine Flotationsanlage. Die Entwicklung von Anlagen auf der Basis von Exzenterschneckenpumpen ermöglicht eine weitere Verwendung der Pumpe zu anderen Zwecken als der Flotation.

Einige Verbesserungsvorschläge im Bereich der Verstopfungsanfälligkeit und der Bedienung der Anlagen konnten während der Durchführung dieses Vorhabens gemacht und beim Bau neuerer Modelle berücksichtigt werden.

Weitere Einsatzmöglichkeiten wie z.B. die Flotation erhitzter Rotmoste, die Verwendung von Flotationsanlagen zur Imprägnierung von Süßreserve im Drucktank, oder deren Einsatz zum Abstich von Rotweinen über Luft konnten erschlossen, und analytisch begleitet werden.

Die eingesetzten Schönungsmittel konnten zufriedenstellend entfernt werden.

Die Flotation mit Luft reduziert durch Oxidation die Phenole, vor allem Caftar- und Coutarsäure, durch Flotation mit Stickstoff kann diese Phenoloxidation deutlich minimiert werden. Weine nach Sedimentation zeigten meist geringere Phenolwerte als Weine nach Flotation mit Luft. Durch Wahl des Flotationsgases kann ein begrenztes Phenolmanagement betrieben werden.

Flotation mit Luft empfiehlt sich für Lesegut mit hohen Phenolgehalten, die unter anderem auf stärkerer mechanischer Belastung in der Traubenverarbeitung, Traubenfäulnis oder langer Maischestandzeit (Kaltmazeration) beruhen. Auch Sektgrundweine sollten aufgrund der Phenolreduktion mit Luft flotiert werden

Flotation mit Stickstoff empfiehlt sich für Lesegut mit geringen Phenolgehalten, nach schonender Traubenverarbeitung, für die Traubensaft- oder die Süßreserveherstellung.

Nach Flotation konnte auch bei faulem Lesegut keine erhöhten Werte an flüchtiger Säure im Wein ermittelt werden.

Die Analyse der Monoterpene ergab keine wesentliche Reduktion durch die Flotation.

Die insgesamt 75 hedonistischen Vergleichsverkostungen der Weine ergaben keine eindeutige Bevorzugung oder Ablehnung der Flotation gegenüber der Sedimentation oder dem Einsatz des Separators. Im Hinblick auf die Weinqualität kann das Verfahren als gleichwertig mit den genannten Verfahren eingestuft werden.

10 Literatur

Breier, N., Weiand, J. (2001): Flotation – Die Alternative zur Mostvorklärung im Jahr 2000? Das Deutsche Weinmagazin, (8), 32,36

Breier, N., Weiand, J. (2002): Mit welchem Gas flotieren? Dt Weinmagazin, (16), 13-15

Vicente Ferreira, Adolph Rapp, Juan F. Cacho, Helene Hastrich, Iusuf Yavas: Fast and Quantitative Determination of Wine Flavour Compounds Using Microextraction with Freon 113, J. Agric. Food Chem. 1993, 41, 1413-1420.

Gössinger, M. (1999): Mostvorklärung – Ein wichtiger Schritt zur Qualitätssteigerung. Der Winzer (14), 10-14

Hemfort, H. (1979): Separatoren – Zentrifugieren für Klärung, Trennung, Extraktion. 1 Aufl. Westfalia Separatoren AG, Oelde 1979

Kleinert, P. (1984): Neuere Entwicklungen bei Flotationsverfahren in der Abwasserreinigung und Schlammdickung. In: Neuere Verfahrenstechnologie in der Abwasserreinigung, Abwasser- und Gewässerhygiene, S. 369, Oldenbourg-Verlag, München, 1984

Könitz, R., Freund, M. Seckler, J. et al. (2003): Einfluss der Mostvorklärung auf die sensorische Qualität von Rieslingweinen aus dem Rheingau, Mitteilungen Klosterneuburg, (53), 166-183

Lipps, Michael (2005): Welche Auswirkungen haben Flotationsgase? Das Deutsche Weinmagazin, (19), 32-35

Maul, D. (1987): Moderne Technik und Trubanfall. Der Deutsche Weinbau (23), 987-997

Müller-Späth, H. (1997): Neueste Erkenntnisse über den Sauerstoffeinfluss bei der Weinbereitung aus der Sicht der Praxis. Weinwirtschaft (6), 144-157

Patz, C. D.; David, A.; Thente, K.; Dietrich, H. (1999): Wine Analysis with FTIR Spectrometry. Vitic. Enol. Sci. 54 (2-3), 80-87

Patz, C. D.; Blieke, A.; Giehl, A.; Dietrich, H. (2004): Weinanalytik mit der FT-MIR Spektrometrie. Deutsches Weinbaujahrbuch 55, 280-292, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart

Pour Nikfardjam, M., (2001): Polyphenole in Weißweinen und Traubensäften und ihre Veränderung im Verlauf der Herstellung. Dissertation Universität Giessen

Rechner A., Patz C. D., Dietrich H. (1998): Polyphenolanalytik von Fruchtsäften und Weinen mittels HPLC/UV/ECD an einer fluorierten RP-Phase. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 94/11,363-365

Ritter, G. (1994): Die Bedeutung der phenolischen, Saft- und Weininhaltsstoffe während der Verarbeitung von Äpfeln, Speierling und weißen Trauben – Der Einfluss moderner Verfahrenstechnologie auf die Qualität des Endprodukts. Dissertation Universität Gießen

Ritter G., Dietrich H., Seckler J. (1996): Getränkeindustrie (3), 172-176

Schmidt O., Weiser K., Amann R. (2003): Sauerstoffmanagement bei der Verarbeitung weißer Rebsorten, Rebe und Wein (9), 19-22

Schneider, V. (1998a): Maischestandzeit bei weißen Rebsorten, Dt. Weinmagazin, (20):26-32

Schneider, V. (1998b): Must Hyperoxidation. A Review. Am. J.Enol. Vitic. 49 (1), 63-75

Schneider, V. (2002): Mostvorklärung: Was steckt dahinter? Dt. Weinmagazin, (19):24-27

Seckler, J., Jung, R., Freund, M. (2000): Alternative Klärverfahren bei Most. ATW-Bericht 102, Darmstadt, KTBL-Schriftenreihe

Seckler, J., Jung, R., Freund, M. (2001): Untersuchung zur Optimierung des Transports und der Förderung von Trauben und Maische. ATW-Bericht 108, Darmstadt, KTBL-Schriftenreihe

Singleton, V. L.; Rossi, J. A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungistic acid reagent. Am. J. Enol. Vitic. 37, 144-158

Weiand, J. et. al. (2003): Flotation: Wie verändern sich die Inhaltsstoffe? Das deutsche Weinmagazin (22), 24-28

Weiand, J. (2006): Flotation in Winzerbetrieben, Der Deutsche Weinbau (14), 16-20

Weiand, J. (2006): "Cooles" im Keller, Kaltmazeration Einsatz von Trockeneis- und Flüssig-CO_2,Das Deutsche Weinmagazin (17/18), 26-30

Wüst, M. (2003): Zur Biochemie des sortentypischen Weinaromas. Wein – Qualität entscheidet sich im Nanogramm. Chemie in Unserer Zeit (37), 8-17

Dank

Für die Analyse der Polyphenole sei Herrn Prof. Dr. Helmut Dietrich, FA Geisenheim, Fachgebiet Weinanalytik und Getränkeforschung und seinen Mitarbeitern, insbesondere Frau Kürbel, für die Analyse der Monoterpene und Flüchtigen Phenole Herrn Dr. Rainer Amann, Weinbauinstitut Freiburg, der Firma Begerow für die Analyse der Ferm-N-Werte gedankt.

Den Firmen sei für die Bereitstellung der Anlagen, und dem ATW für die finanzielle Unterstützung gedankt.

Am Dienstleistungszentrum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück gilt der Dank den Versuchstechnikern Steffen Lahm, Thorsten Eller und Leo Lahm, sowie den Mitarbeiterinnen im Labor Karola Bennighof, Sabine Horl, Michaela Schäfer, Dagmar Friedrich, Heide Zimmermann und Marlies Prütz.

11 Anhang

Anschriften der Hersteller

Firma/Ansprechpartner	Straße	PLZ/Ort	Tel	e-mail	Internet
K+H					
Kunzmann und Hartmann	An der Hessel 5-9	75038 Obererdingen	067045 / 980-0	info@kh-armaturen.de	www.kh-armaturen.de
Kiesel					
Kiesel GmbH	Wannenäckerstr. 20	74078 Heilbronn	+49(0)7131-2825-0	info@kiesel-online.de	www.kiesel-online.de
Kreyer					
Kreyer Wine Technology GmbH	Moselstr. 9	54349 Trittenheim	+49(0)6507 938180	kreyer@kreyer.com	www.kreyer.com
Romfil					
Brandt K.-H. Kellereimaschinen	Gau - Weinheimer Str. 2	55578 Wolfsheim	06701 / 960038	brandt.fitech@t-online.de	www.kh-brandt.de
Schneider grün					
Andreas und Thomas Schneider	In den zehn Morgen 13	55559 Bretzenheim	0671 / 31561	info@pumpen-schneider.de	www.pumpen-schneider.de
Schneider rot					
Theo und Klaus Schneider	Winzenheimer-Str. 24	55559 Bretzenheim	0671 / 26016	info@theo-schneider.com	www.theo-schneider.com
Technica					
Technica Entwicklungs-ges. mbH & Co.KG	Robert-Bosch-Str. 6	23909 Ratzeburg	Tel.: 04541 / 4031	info@technica-gmbh.de	www.technica-gmbh.de
Velo					
Vertrieb KFT GmbH		67273 Herxheim	06353 / 1097		
Velo S.p.A.	Via Piave, 55	31030 ALTIVOLE (TV),Italy	0039 0423 917100	velo@velo.it	www.velo-group.com

Datenblatt zur Beurteilung einer Flotationsanlage:

0	**Firma**	
1	**Typ:**	
2	**Bauart:**	
3	**Eckrohrsieb:**	
	Kreiselpumpe	
4	Hersteller	
5	Anschlußwert kW	
6	Anzahl (eine oder zwei)	
7	Einstufig oder mehrstufig	
8	Zwischendruck bei 2 Pumpen	
9	Maximaler Pumpendruck	
10	Leistung in l/h maximal	
11	Entwässerung der Pumpe	
	Flotationseinheit:	
18	Mischer:	
19	Zuführpumpe:	
20	Druckeinstellung:	
21	Druckregelung:	
22	Stickstoffeinsatz möglich:	
23	Gasumstellung:	
24	Gasanzeigeeinheit:	
25	Einstellung empfohlen:	
26	Probehahn:	
27	Überdruckventil:	
28	Kreislaufflotation möglich:	
	Reinigung:	
29	Nach jeweiligem Gebrauch:	
	Endreinigung/Konservierung:	
	Vollständige Entleerung	
	Bedienung:	
30		
	Dosagepumpe:	
31	zusätzlich anschließbar	
	Mengeneinstellung	
	dosierfähige Schönungsmittel	
32		
33	**Preis in € + MwSt.**	

-