



Bernhard Schandelmaier

## Kieselgurfiltration im Klein- und Mittelbetrieb

## **ATW – Ausschuss für Technik im Weinbau**

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

# **Kieselgurfiltration im Klein- und Mittelbetrieb**

Bernhard Schandelmaier

Abschlussbericht zum ATW-Vorhaben 128

### **Durchführung**

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum  
DLR Rheinpfalz | FB Kellerwirtschaft  
Breitenweg 71 | D-67435 Neustadt / Weinstraße

KTBL–Titel: I/08  
Förderjahre: 2001 und 2002  
Förderland: Baden-Württemberg



Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen  
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) | Darmstadt

## **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) 7532/356 | Fax: +49 (0) 7532/358  
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@mwwlw.rlp.de

### **Geschäftsführer**

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

© 2004 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 | KTBL

Titelbild  
Feine Kieselgur ca. 1 000 x vergrößert (Autor)

Printed in Germany.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Die Filtration.....</b>	<b>5</b>
2.1	Filtrationsdurchführung.....	5
2.1.1	Prinzip der Sieb- und der Tiefenwirkung.....	5
2.1.2	Stützflächen.....	6
2.1.3	Voranschwemmung.....	6
2.1.4	Laufende Dosierung.....	7
2.1.5	Reinigung.....	8
<b>3</b>	<b>Filterhilfsmittel und Filterstoffe.....</b>	<b>8</b>
3.1	Kieselgur.....	8
3.1.1	Vorkommen.....	8
3.1.2	Industrielle Aufbereitung von Kieselgur.....	8
3.1.3	Kieselgur in der Filtration.....	9
3.1.4	Rechtliche Vorschriften zur Entsorgung von Kieselgur.....	10
3.2	Perlite.....	12
3.2.1	Vorkommen und industrielle Aufbereitung.....	12
3.2.2	Verwendung von Perlite in der Filtration.....	13
3.2.3	Rechtliche Vorschriften zur Entsorgung von Perlite.....	15
3.3	Zellulose.....	15
3.3.1	Vorkommen und chemische Zusammensetzung.....	15
3.3.2	Industrielle Aufarbeitung und Verwendung.....	15
3.3.3	Verwendung von Zellulose in der Filtration.....	15
3.3.4	Längere Standzeiten durch weniger Filterhilfsmittel pro 1000 l.....	17
3.3.5	Rechtliche Vorschriften zur Entsorgung von Zellulose.....	17
<b>4</b>	<b>Filtriertechnik.....</b>	<b>17</b>
4.1	Kammerfilterpresse / Hefefilter.....	17
4.1.1	Filtrationsdurchführung Hefefilter mit Dosiergerät.....	18
4.1.2	Sonderfall Vakuumdrehfilter.....	19
4.1.3	Gesichtspunkte zur Kaufentscheidung bei Hefefiltern.....	19
4.1.4	Marktübersicht Hefefilter.....	21
4.2	Anschwemmfilter Kesselfilter / Kieselgurfilter.....	27
4.2.1	Gesichtspunkte zur Kaufentscheidung bei Kieselgurfiltern.....	30
4.2.2	Marktübersicht Anschwemm-/Kieselgurfilter.....	31
4.3	Fehler bei der Filtration, Ursache und Behebung.....	37
4.3.1	Ungenügende Klärschärfe.....	37
4.3.2	Zu kurze Filtrationen, unangepasster Druckanstieg.....	38
4.4	Fragen, die sich im praktischen Betrieb sehr häufig ergeben:.....	38
<b>5</b>	<b>Arbeitsicherheit bei der Weinfiltration.....</b>	<b>39</b>
5.1	Umgang mit Filtergeräten.....	39
5.2	Umgang mit Filterhilfsmitteln.....	40
5.3	Umgang mit Kieselgur und bei der Kieselgur-Filtration.....	40
5.3.1	Gefahrenquellen.....	40
5.3.2	Feste Partikel.....	41
5.3.3	Welche krankmachenden Wirkungen haben faserhaltige Stäube?.....	42
5.3.4	Lungenkrebsrisiko bei Quarzstaubexposition.....	43
5.3.5	Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Wert).....	44
<b>6</b>	<b>Filtrationsversuche.....</b>	<b>44</b>
6.1	Filtrationseinflüsse auf Inhaltsstoffe und die Sensorik des Weines.....	44
6.2	Analytischer und sensorischer Vergleich von Filtrationsverfahren.....	46
6.2.1	Roséwein.....	48
6.2.2	Rotwein.....	48
6.3	Modellversuche Filtration.....	49
6.4	Einfluss der Lagerung von Filterhilfsmitteln.....	51
<b>7</b>	<b>Weinklärung in der Antike und Entwicklung der Filtration in der Neuzeit.....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Filtration in der Praxis.....</b>	<b>54</b>
8.1	Wieviel Filtration braucht ein Wein?.....	54
8.2	Umfrage zur Filtration in Klein- und Mittelbetrieben.....	55
<b>9</b>	<b>Kosten der Filtration.....</b>	<b>56</b>
9.1	Leitlinien bei der Kaufentscheidung.....	58
<b>10</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>59</b>

## **Anhang**

<b>A.1</b>	<b>Wichtige Filtrations-Kennzahlen.....</b>	<b>60</b>
A.1.1	Dosageanleitung für verschiedene Filterhilfsmittel und Filtertypen .....	61
A.1.2	Zuordnung von Filterhilfsmitteln aufgrund der Filtereigenschaft und der Mengenleistung.....	62
A.1.3	Trübungseinheit NTU .....	64
A.2	Adressenverzeichnis .....	64

## 1 Einleitung

„Zwar gibt es heute nicht nur klare, sondern auch bewusst trübe „naturtrübe“ Getränke auf dem Markt, doch ist beim Wein die Klarheit eine ebenso natürliche wie unverzichtbare Eigenschaft jedes Flaschenweines. Das Klären der Jungweine oft bis zur absoluten Klarheit, ja Keimfreiheit, ist eine Voraussetzung dafür, dass der vergorene Wein sich reintonig und sortentypisch zum Flaschenwein hin entwickelt und auf der Flasche noch jahrelang haltbar bleibt.“

Prägnanter als G. Troost kann man Aufgabe und Ziel des vorliegenden ATW-Berichtes nicht formulieren.

Der in Deutschland vorherrschende Weiß- und Rotweinstil bedarf einer Filtration, denn bei den deutschen Weinen ist frühe Abfüllung und dienende Restsüße integraler Bestandteil eines fruchtbetonten Weinstils. Als erste Filtration wird oft die Kieselgurfiltration eingesetzt.

Wenn wir den Begriff Kieselgurfiltration gebrauchen, so meinen wir damit übereinstimmend Anschwemmfiltration über Stützgewebe unter Einsatz von Filterhilfsmitteln.

## 2 Die Filtration

Zur Filtration stehen heute verschiedene Systeme zur Verfügung, abhängig von dem gewünschten Endprodukt und Klärgrad.

Eine Unterscheidungsmöglichkeit ist die nach Filtrationsmechanismen, und zwar:

- Sieb- oder Oberflächenfiltration,
- Querstromfiltration,
- Tiefen- und Absorptionsfiltration.

Vorerst sei die Siebfiltration in den Blick genommen, bei der nur Trubteilchen abgetrennt werden, die größer sind als die Filterporen. Dabei bedient man sich vorzugsweise des so genannten Anschwemm-Filterverfahrens, dabei wird durch fortlaufende Zugabe eines Filterhilfsmittels (Cellulose, Kieselgur, Perlite) in den zu filtrierenden Flüssigkeitsstrom auf einer Stützschiicht ein sich ständig erneuerndes Sieb aufgebaut, auf dem sich das Gemisch aus Trub und Filterhilfsmittel als „Filterkuchen“ absetzt. Der Filtrationsvorgang wird nach einer maximal zu erreichenden Kuchendicke unterbrochen und der Kuchen mechanisch von der Stützschiicht entfernt. Es gibt unterschiedliche technische Lösungen zur Nutzung dieses Prinzips bei der Weinklärung:

- Kammerfilterpressen, bei denen der Filtriervorgang über Filtertücher als Stützschiicht in kleinen Kammern unter Maximaldruck von bis zu 10 bar erfolgt.
- Kesselfilter, in denen der Filtriervorgang über Edstahlsiebe als Stützschiicht in einem Kessel unter Maximaldruck von bis zu 6 bar erfolgt.

Der Querstromfiltration und Tiefen- sowie Absorptionsfiltration spielen in Rahmen dieser Arbeit nur eine untergeordnete Rolle.

Die Crossflow-Filtration ist eine Querstromfiltration, die Rückhalteigenschaften von Membranen nutzt. Unfiltrat wird an einer Membranoberfläche vorbei geführt. Durch Strömung wird eine sich ausbildende Deckschiicht aus Trubteilchen auf minimalem Niveau gehalten. Ein Teil des Flüssigkeitsstromes tritt aufgrund des Druckgefälles durch die Membran und wird als Filtrat abgeleitet.

Die Schichtenfiltration ist eine Tiefenfiltration mit Absorptionsvorgängen. In Hohlräumen und Tiefen der Filterschiicht wird der Feststoff zurückgehalten.

### 2.1 Filtrationsdurchführung

#### 2.1.1 Prinzip der Sieb- und der Tiefenwirkung

##### Reine Siebwirkung

Als Beispiel lässt sich das Salatsieb anführen. Das Salatsieb bestimmt durch den Durchmesser der Löcher, welche Salatblätter zurückgehalten werden. Diese Selektion beruht auf reiner Siebwirkung.

##### Tiefenwirkung

Anders ist der Aufbau beim Sandfilter. Die Sandschiicht, welche für die Filtrationsschärfe des Wassers verantwortlich ist, wird von einer Schicht Steine getragen. Die Steine wiederum liegen auf einem Stützgitter.

Die Sandschiicht ist ziemlich homogen aufgebaut und weist eine bestimmte Dicke und Porosität (Durchlässigkeit) auf. Die Teilchen, die aus dem Wasser herausfiltriert werden sollen, verbleiben – je nach Größe und Beschaffenheit – entweder an der Oberfläche der Sandschiicht oder im Inneren der Schicht selbst und füllen dort die zahlreichen Hohlräume zwischen den Sandteilchen. Hier unterscheiden wir zwischen Siebwirkung an der Oberfläche und Tiefenwirkung im Inneren der Schicht. Die Porosität

der Sandschicht nimmt mit zunehmender Verstopfung der Oberfläche und der Hohlräume ständig ab. Während der Kieselgurfiltration baut sich mit zunehmender Kuchenstärke auch eine Tiefenfiltration auf.

### Die Leistung und ihre Abhängigkeiten

Man unterscheidet zwischen „Spezifischer Leistung“ und „Gesamtleistung“ (Kapazität):

#### 1. Spezifische Leistung ( $l/m^2$ ):

Dies ist die Menge des Produktes, die in einer Zeiteinheit pro  $m^2$  filtriert wird (Anströmgeschwindigkeit).

#### 2. Gesamtleistung (Liter/Filteransatz):

Hier handelt es sich um die Menge des Produktes, welche maximal pro  $m^2$  (oder pro Filter mit bekannter Filterfläche) filtriert werden kann.

Die spezifische Leistung und die Gesamtleistung sind bestimmt durch die folgenden Faktoren:

- hinsichtlich Filter und Kieselgur
  - Filterfläche
  - mögliche Schichtdicke (Filterfläche und maximale Höhe des Filterkuchens)
  - Porosität (Permeabilität des Kuchens), (Eigenschaften des Filterhilfsmittels)
  - Druckdifferenz des Filters
- hinsichtlich des zu filtrierenden Produktes
  - Viskosität und Temperatur des Produktes (Most oder Wein)
  - Eigenschaften suspendierten Teilchen (Art und Intensität der Trübung)
  - angestrebter Filtrationseffekt (Klarschärfe).

Die spezifische Leistung (Anströmgeschwindigkeit) wird in der Regel nicht rechnerisch, sondern als Schätzwert aus langjährigen Erfahrungen gewonnen.

Die Kieselgurfiltration ist ein rein physikalischer Trennvorgang und trennt die feste von der flüssigen Phase eines Gemisches. Dieser Prozess nützt – ähnlich der natürlichen Klärung von Wasser durch Sandschichten – die Porosität und Semipermeabilität einer aus sehr feinen Teilchen bestehenden Schicht aus (Siebfiltration).

Der Prozess der Kieselgurfiltration besteht aus vier Schritten:

- Auf einer geeigneten Stützunterlage wird durch ein Filterhilfsmittel eine Schicht gebildet.
- Durch diese wird dann das zu filtrierende Medium gefördert.
- In einem abgestimmten Verhältnis werden Filterhilfsmittel dem Produkt (Unfiltrat) zugegeben, die sich zusammen mit

der festen Phase an der Oberfläche der Schicht ablagern.

- Die Dicke der Schicht nimmt somit ständig zu und beeinflusst dadurch die relative Durchlaufmenge.

### 2.1.2 Stützflächen

Für die Stützflächen der Kieselgurfiltration haben sich Stüttschichten aus Polypropylen-gewebe, Tressengewebe aus Edelstahl, sowie Filterkerzen aus rostfreiem Stahl bewährt. Die Porengröße, Maschenöffnungen oder Schlitze dieser Stützkörper liegen alle im Bereich 50 bis 100 Mikrons. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Durchmesser die groben Kieselgurpartikel der Voranschwemmung zurückhalten können.

### 2.1.3 Voranschwemmung

Das Filtrationsergebnis und die Sicherheit der Kieselgurfiltration sind von der Voranschwemmung abhängig. Die Voranschwemmung bei der Kieselgurfiltration dient allein dazu, die relativ großen Öffnungen der Stützfläche zu überbrücken. Im Verlauf des Prozesses muss die auf den Stüttschichten gebildete Voranschwemmung dem sich aufbauenden Differenzdruck standhalten. Wenn im Verlauf der Filtration Durchbrüche entstehen, sind sie oft auf eine ungenügende Voranschwemmung zurückzuführen. Für die richtige und widerstandsfähige Überbrückung der Öffnungen braucht es gröbere Kieselgur, Cellulose oder Perlite. Die bekannte Druckstoßempfindlichkeit der Perlite – und bedingt auch der Kieselgur – kann durch die Beimengung von Cellulose herabgesetzt werden. Die Korngrößenverteilung des Filterhilfsmittels muss eine möglichst große Durchflussmenge erlauben.

Die optimale Voranschwemmung geschieht mit bereits klarem Most oder Wein plus Filterhilfsmittel in einer geringen Konzentration (ca. 0,5 %). Die Rührintensität des Tanks zur Anmischung der Voranschwemmung muss das Filterhilfsmittel in Lösung halten.

Die Voranschwemmung entsteht dadurch, dass die Lösung im Kreislauf gefahren wird. Die größeren Teilchen setzen sich dann zuerst auf der Stüttschichtfläche des Filters ab, gefolgt von den kleineren Teilchen. Nach ungefähr 5 bis 15 min – je nach

Filtergröße – läuft die Voranschwemmung klar. 2 400 l/m<sup>2</sup>/h sind als Durchflussrate bei der Voranschwemmung anzustreben, der optimale Differenzdruck wird mit 0,1–0,5 bar angegeben.

Um die optimale Widerstandsfähigkeit und Porosität der Voranschwemmung zu erreichen, wird die Voranschwemmung doppelt ausgeführt, und zwar mit zwei verschiedenen Kieselguren oder Kieselgurmischungen.

#### **Erste Voranschwemmung**

Die erste Voranschwemmung überbrückt die Stützflächen, wobei die Durchlässigkeit so wenig wie möglich beeinflusst werden sollte. Sie dient in erster Linie als Trägerschicht für die spätere eigentliche Filtrationsschicht. Man verwendet für sie normalerweise grobe oder mittelgrobe Filterhilfsmittel. Eine Schichtdicke von ca. 1,3 bis 1,7 mm ist anzustreben. Dies entspricht einer Kieselgur Menge von 300 bis 600 Gramm pro m<sup>2</sup> Filterfläche.

#### **Zweite Voranschwemmung**

Die zweite Voranschwemmung wird auf die erste Voranschwemmung aufgetragen, und zwar als Sperrschicht für die auszufiltrierenden Teilchen. Meist wird für die zweite Voranschwemmung die gleiche Kieselgur wie für die laufende Dosierung gewählt. Die verwendete Menge liegt abermals bei 300 bis 600 Gramm pro m<sup>2</sup> (wie bei der ersten Voranschwemmung); die Dicke der dabei gebildeten Schicht beträgt wiederum ca. 1,3 bis 1,7 mm.

Im Innern der zweiten Voranschwemmung bilden sich nun kleine Hohlräume, die zumindest im oberen Teil (d. h. beim Produkteinlauf) eine gewisse Tiefenwirkung ausüben. Die Kieselgur ist so zu wählen, dass die auszufiltrierenden Teilchen diese Sperrschicht nicht durchwandern können; sie darf aber andererseits auch nicht zu fein gewählt werden – das hätte unnötigen Druckanstieg zur Folge. Es ist unerlässlich, die Kieselgursorten für die erste und die zweite Voranschwemmung aufeinander abzustimmen. Sonst könnten sich beispielsweise eine zu grobe und eine zu feine Anschwemmung derart miteinander vermischen, dass sie ihre eigentlichen Hauptaufgaben nicht mehr lösen könnten.

Gleichmäßige Verteilung der Voranschwemmung: Damit die Voranschwemmungen ihre Aufgabe auch erfüllen und die

erforderliche Sicherheit bieten können, müssen sie über die gesamte Stützschichtfläche des Filters gleichmäßig verteilt sein.

#### **2.1.4 Laufende Dosierung**

Die laufende Dosierung kann sowohl direkt dem zu filtrierenden Tank als auch über ein Dosiergerät den Filtereinlauf zudosiert werden. Die Dosiergeräte der untersuchten Modelle verfügten alle über einen offenen Rührbehälter mit Dosierpumpe. So erfolgt die Dosierung der Filterhilfsmittel gleichmäßig über die gesamte Filtration, die Veränderung der Dosierung während der Filtration ist möglich.

Zur laufenden Dosierung wird die gleiche Kieselgur oder eine feinere wie bei der zweiten Voranschwemmung verwendet. Durch die laufende Dosierung bildet sich eine sich ständig erneuernde Filtrationsschicht mit Siebwirkung. Die laufende Dosierung führt zur Aufrechterhaltung einer konstanten Durchlässigkeit auf der Oberfläche des Filterkuchens.

Der Vorgang der Filtration soll an der Oberfläche stattfinden; wenn nicht ständig Kieselgurpartikel zur Auflockerung der meist schleimigen Masse zugeführt werden, blockieren sonst sehr schnell die zurückgehaltenen Teilchen die gesamte Oberfläche.

Es soll vermieden werden, dass die Trubstoffe des Weines durch den Differenzdruck und die Fliessgeschwindigkeit in das Innere der Filtrationsschicht transportiert werden.

Maßgebend für die Auswahl der Filterhilfsmittel sind die Eigenschaften der auszufiltrierenden Trubstoffe und die gewünschte Klärschärfe.

Es gilt die Faustformel, dass ungefähr die Hälfte der Gewichtsprozent der Trubstoffe an Kieselgur zudosiert werden, damit die Filtrationsschicht trotz Ablagerung von amorphen und schleimigen Teilchen durch Beimischung poröser Partikel durchlässig bleibt. Eine Voraussage über die Höhe der notwendigen laufenden Dosierung aufgrund einer Analyse der Komponenten der Trubstoffe ist leider noch nicht möglich. Die Porosität der Anschwemmung beeinflusst direkt den Differenzdruck; dieser wird vom Anwender kontrolliert und durch die laufende Dosierung gesteuert.

Die oft gehörte Bemerkung, ein Filter brauche weniger Kieselgur für die laufende Dosierung als ein anderer, oder etwa, es

werde in einem Betrieb ständig die gleiche Menge mit gutem Ergebnis zudosiert, erscheint fraglich. Betrachtet man die heterogene Zusammensetzung der Trübstoffe und die verschiedenen Trübungsgrade, so wird sofort klar, dass nur in den seltensten Fällen langfristig ein homogenes Produkt in den Filter gelangt.

### 2.1.5 Reinigung

Für den manuellen Trockenaustrag der Filterhilfsmittel beim Kieselgurfilter eignen sich Backmeistermesser oder die so genannte Palette mit 31 cm langer steifer Klinge, die zum Einstreichen und Abziehen von Torten verwandt wird. Anschließend sind Siebe und Rohrleitungen mit Wasser zu spülen.

Beim Hefefilter muss eine Schädigung der Filtertücher durch Spachtel oder Hochdruckreiniger vermieden werden, eine Voranschwemmung erleichtert das Ablösen und den Austrag der Filterkuchen erheblich.

Kieselgur, die beim Nachspülen abfließt, muss aufgefangen werden, da Kieselgur die Kanalisation verstopfen kann und ein Einleitungsverbot besteht.

## 3 Filterhilfsmittel und Filterstoffe

### 3.1 Kieselgur

#### 3.1.1 Vorkommen

Kieselgur (Diatomeen- oder Infusorienerde, Bacillarienerde, Bergmehl) besteht aus den Skeletten von in Salz- und Süßwasser lebenden Algen aus dem Tertiär und Quartär mit einem Durchmesser von 0,01-0,1 mm. Die Diatomeen sind meist einzellige Arten. Bei einigen wenigen Arten sind sie zu langen Filamenten vereint. Die Angaben über die Zahl fossiler Arten schwanken von 6 000 bis 10 000 Diatomeen-Arten. Ein Kubikzentimeter Kieselgur enthält zwischen 4,6 Millionen bis zu 1 Milliarde Diatomeenpanzer. Wir haben es also mit einem Natur-Rohstoff von großer, durch die Artenvielfalt bedingte Form- und Partikel-Variabilität zu tun, die sich naturgemäß in den Eigenschaften der Endprodukte niederschlägt.

Fundstellen befinden sich in den USA, in Kanada, Australien, Italien, Frankreich (Auvergne) und in Deutschland (Lüneburger Heide). In manchen Gegenden der Erde war

die Vermehrung der Kieselalgen im Tertiär (65–2 Mio. Jahre vor heute) und Quartär (ab 2 Mio. Jahre vor heute) so reichlich, dass sich mächtige Sedimente von bis zu mehreren 100 Metern bildeten. Der Kieselpanzer ist relativ unlöslich, daher kam es zu Ablagerungen in Süßwasser- und Meeresbecken. Kieselgur ist ein sehr feinkörniges, leichtes, gelblich bis aschgraues Pulver, das aus 70–90 % amorpher Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ ), 3–12 % Wasser und geringen Mengen von organischen fettähnlichen Beimengungen besteht.

#### 3.1.2 Industrielle Aufbereitung von Kieselgur

Die mächtigen Schichten der fossilen Kieselalgen werden mit Baggern im Tagebau abgetragen und in Fabriken gebrochen, getrocknet und gegebenenfalls kalziniert. Drei Formen der Kieselgur-Verarbeitung lassen sich unterscheiden. Als Kieselgur werden sowohl das Naturprodukt als auch das gebrochene, getrocknete sowie durch Kalzinierung oder Fluxkalzinierung aufbereitete industrielle Produkt bezeichnet. Verarbeitete Kieselgur ist ein in verschiedenen Feinheitsgraden erhältliches, weißes, braunes oder rötliches Pulver (Eisen-III-Verbindung).

#### Naturprodukt Kieselgur

Die abgebaute Kieselgur wird gemahlen und bei niederen Temperaturen getrocknet und gesiebt, um unterschiedliche Teilchengrößen zu gewinnen. Dieser Kieselgurtyp ist in der Farbe gräulich bis grauweiß und enthält solange nur geringe Mengen an kristalliner Kieselgur.

#### Kalzinierte Kieselgur

Kalziniert besteht im Austreiben von Wasser und flüchtigen Bestandteilen durch Erhitzen des Rohstoffes. („So weiß machen wie Kalk“, einen Stoff zu heller Asche verbrennen.) Besteht Kieselgur vor der Verarbeitung hauptsächlich, je nach Lagerstätte, aus der amorphen Form des Siliziumdioxides, lassen sich durch Druck und Temperatur acht verschiedene Kristallgitter erzeugen: „Quarz“, „Cristobalit“ benannt nach seinem Fundort, dem Berge San Cristobal in Südmexiko, „Tridymit“, „Coesit“, „Stishovit“, „Keatit“, „Melanophlogit“, und faseriges  $\text{SiO}_2$ . Besondere Bedeutung hat dabei das Cristobalit (siehe Kapitel Arbeitsschutz). Cristobalit entsteht

beim Erhitzen im Drehofen auf ca. 1 500 °C in Anwesenheit von Alkaliverbindungen (als Katalysatoren). Alle anderen Kristallgitter sind in höheren Anteilen nur unter sehr viel höheren Drücken von bis zu 120 000 bar zu erzeugen.

Die Kalzinierung erfolgt im Drehofen bei 800 °C. Organische, flüchtige und Wasser-Anteile werden dabei entfernt. Das Produkt wird gegebenenfalls gemahlen und nach Teilchengröße getrennt. Die Farbe verändert sich vom Grau ins reine Weiß bis hin zum Rot. Ein Teil der amorphen Strukturen der Kieselgur wandelt sich in kristalline, hauptsächlich cristobalite Strukturen.

### Fluxkalzinierte Kieselgur

In einem Drehofen wird die Kieselgur bei 800 °C gebrannt unter dosierter Zugabe von Natriumcarbonaten ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Je nach der Zugabemenge nimmt der Anteil der kristallinen Form des  $\text{SiO}_2$  von 30 % auf 60–70 % gegenüber der reinen Kalzinierung zu. Die Zugabe von z. B. Natriumcarbonaten als Flussmittel führt zu einer Herabsetzung des Schmelzpunktes, und damit zu einer Zunahme der Teilchengröße der Kieselgur.

Die aufbereitete Kieselgur besteht zu 85–90 % aus Kieselsäure und zu etwa 4 % aus Aluminiumoxid. Das Schüttgewicht beträgt wegen der vielen mikroskopischen Hohlräume nur 150–300 g pro Liter.

In der Filtration werden kalzinierte und fluxkalzinierte Kieselguren eingesetzt.

### 3.1.3 Kieselgur in der Filtration

Von besonderer Bedeutung für die Filtration sind die morphologischen Eigenschaften von Kieselgur. Das Vermögen eines Materials, für Flüssigkeiten durchlässig zu sein, bezeichnet man als Permeabilität. Sie ist eine gesteinspezifische Konstante und ergibt sich in erster Linie aus der Beschaffenheit des Porensystems. Das Porensystem ist demnach abhängig von der Teilchenform und der Teilchengröße; deshalb kann nicht die Teilchengröße allein – wie oft fälschlich angenommen – Basis für eine Einteilung von Kieselgur sein.

LINDEMANN hat 1992 festgestellt, dass einfach geblühte Gure sehr gut

erhaltene Diatomeen mit offenen Poren haben, während bei kalzinierten und/oder aktivierten groben Guren die Poren durch die zugegebenen Flussmittel verstopft sind – und dies vermindert die spezifische Oberfläche ganz erheblich. Gut erhaltene Diatomeen, vorwiegend in Plättchen- oder Schiffchen-Form, sind hauptsächlich bei feinen Guren, spiralförmige Diatomeen vorwiegend bei mittelfeinen oder groben Guren zu finden. Es ist anzunehmen, dass vor allem plättchen- und schiffchenförmige Diatomeen zur Herstellung feiner Guren eignen. Dies lässt sich dadurch begründen, dass diese Formen, wenn sie sich beim Aufbau eines Filterkuchens parallel orientieren, für die Durchströmung ein ungünstiges Porengefüge bilden, sodass die Geschwindigkeit einer durchfließenden Flüssigkeit minimiert wird. Die mikroskopische Untersuchung bietet die Möglichkeit, die Form und das Aussehen der Kieselgur zu beschreiben, eine genaue Einordnung der Guren in fein, mittelfein und grob ist hiermit nicht möglich. Die Morphologie einer Gur erlaubt keine Rückschlüsse auf die Eigenschaften eines Filterkuchens, auch wenn die mikroskopische Probe den repräsentativen Durchschnitt der Gesamtcharge darstellte (Tab. 1).

Bei allen Kieselgursorten zeigen die Partikelgrößen eine hohe Streubreite, bedingt durch die Artenvielfalt der Ablagerungen und die Verarbeitung. Stets sind sehr feine und relativ grobe Teilchen untereinander vermischt. Insgesamt ist Kieselgur ein sehr abrasives Material, das die Leitungen und Filter stark abnützt.

### Darcy-Wert zur Einteilung der Filterhilfsmittel

International am gebräuchlichsten zur Einteilung der Filterhilfsmittel nach ihren Filtrationseigenschaften ist das Verfahren nach Darcy. Diese Werte korrelieren mit der Korngrößen-Verteilung. Die auf dem Markt vorhandenen Kieselgure werden nach ihrer

Tab. 1: Korngrößenverteilung von Kieselgur (Quelle: Troost)

Korngrößen	Grob Seitz Ultra	Mittel Seitz Super %	Fein Seitz Extra
> 40 µm	59	21	4
15–40 µm	32	45	28
5–15 µm	6	20	22
< 5 µm	3	14	46

Wasserdurchlässigkeit, dem so genannten Darcy-Wert eingeteilt .1 Darcy [ $\text{cm}^2$ ] ist gegeben, wenn  $1 \text{ cm}^3$  einer Flüssigkeit mit der Viskosität 1 cP (centipoise) in 1 s ein Gesteinsstück von 1 cm Länge und  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt bei einem Druckunterschied von 1 bar zwischen Ein- und Austrittsstelle bei einer  $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  und einem atmosphärischem Druck von 760 mm Quecksilbersäule durchfließt (Tab. 2).

#### Bestimmung der Filtereigenschaften von Kieselgur

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Bestimmung der Filtereigenschaften von Kieselgur (Tab. 3).

Allen Verfahren ist gemeinsam, dass sich zwar mit ihrer Hilfe eine Einteilung der Guren vornehmen lässt, aber kaum eine Aussage über deren Filtrationseigenschaften mit Wein getroffen werden kann. Dies ist darin begründet, dass einerseits das Fließverhalten des Weines selbst die Filterleistung beeinflusst und zum anderen dessen Kolloide die freien Poren eines Filterkuchens verstopfen. Nicht zuletzt besteht bei den genannten Testmethoden der Filterkuchen ausschließlich aus Kieselgur, in der Praxis ergibt sich der Filterkuchen aus der Summe aller in Wein suspendierten Partikel. In einem Weinbaubetrieb, mit einem jährlichen Kieselgurverbrauch unter 200 kg, ist die genaue Dosierung deswegen schwer zu ermitteln, weil vergleichsweise nur wenig Erfahrungswerte gesammelt werden können.

Bei der Wahl der Kieselguren für die Voranschwemmung ist es theoretisch von Vorteil, wenn die Streuung der Partikelgrößen relativ klein ist. Der Anwender kann hierzu keine eigenen praktikablen Kontrollen vornehmen, sondern muss sich auf die Angaben der Hersteller verlassen.

Wenn Troost berichtet, dass eine tonnenförmige Gur in der Tendenz zu besseren Filtrationsergebnissen und höherem Durchsätzen führt, so nötigen Lindemanns Untersuchungen zu einer differenzierteren Betrachtung.

Tab. 2: Durchschnittliches Rückhaltevermögen und Darcy-Werte von Kieselgur

	Durchschnittliches ungefähres Rückhaltevermögen $\mu\text{m}$	Darcy-Wert (Permeabilität) $\text{cm}^2$
Grobe Kieselgur	7	5,00–18,00
Mittlere Kieselgur	3	0,85–5,00
Feine Kieselgur	1	0,03–0,5

Tab. 3: Verfahren zur Bestimmung der Filtereigenschaften von Filterhilfsmitteln

Verfahren	Methode
Darcy	Durchlässigkeit
Diacalite	
Wasserwertbestimmung	
EBC- Referenz	
EBC Routine Methode	
Korngrößenverteilung nach SCHÖFFEL	Siebanalyse
Read and Piclesly	Freies Volumen und effektive Partikelgröße

Wenn selbst beim besser standardisierten Bier sich der jeweils optimale Gurtyp bisher nur empirisch bestimmen lässt, wie viel mehr gilt dies für die unendlich vielfältigen Kolloidstrukturen des Weines. Gleichwohl wird die begrenzte Anzahl der marktgängigen Gure erfahrungsgemäß dem Großteil der Weine gerecht. Der Kampf um Marktanteile lässt aber weiteren Raum zur Optimierung der Produkte.

#### 3.1.4 Rechtliche Vorschriften zur Entsorgung von Kieselgur

##### Verwertung von verbrauchter Filter-Kieselgur

Gemäß der Bioabfallverordnung zur Ausbringung von behandeltem und unbehandeltem Bioabfall auf landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche und gärtnerische Nutzflächen fällt Kieselgur unter die Rubrik „Abfälle aus der Wäsche, Reinigung von mechanischen Zerkleinerungen des Rohmaterials“. Als verwertbare Abfallarten aus diesen Prozessen werden verbrauchte Filter und Aufsaugmassen (Kieselgur), Aktiv-Erden und Aktivkohle genannt. Verbrauchte Filter- und Aufsaugmassen aus Kieselgur, die aus der Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken stammen, sind nach der Bioabfallverordnung 8110 (1998) „für eine Verwertung auf Flächen grundsätzlich geeignete

Bioabfälle". Kieselgur, wie es zur Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken verwandt wird, dürfen nicht in getrocknetem Zustand aufgebracht werden und sind unmittelbar nach der Aufbringung in den Boden einzuarbeiten. Kieselgur hat nach der Verwendung bei der Weinfiltration in jedem Fall ausreichend Restfeuchte, um als „nicht trocken“ zu gelten.

Eine mögliche Staubentwicklung aus weinbaulichen Kieselgurabfällen ist auch nach dem Eintrocknung als sehr gering einzustufen. Die Vernetzung der Kieselgur durch die Kolloide des Weines verhindert dies. Um eine zukünftige Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen nicht zu gefährden, ist es besonders wichtig, dass eine unmittelbare Einarbeitung der Filtrationsrückstände in den Boden erfolgt. Nur dadurch kann wirkungsvoll verhindert werden, dass cristobalithaltige Kieselgurstäube zu einer Belastung für die Umwelt werden.

#### Filter-Kieselgur als organischer Dünger

Nach dem EG-Sicherheitsdatenblatt (91/155/EG) wird das Einatmen von Kieselgurstaub in längeren Zeitabschnitten als gesundheitsschädlich eingeschätzt. Verbrauchte Kieselgur wird daher als gefährlicher Abfall eingestuft, denn es hat einen Cristobalit-Anteils von mehr als  $> = 0,1\%$  (siehe Empfehlungen zur Arbeitssicherheit im Umgang mit Filterhilfsmitteln). Deshalb könnte es zu einer Nachweispflicht bei der Entsorgung kommen, wenn Kieselgurabfälle von mehr als 2 000 kg pro Jahr anfallen.

Nach der Bioabfall-VO unterliegen Kieselgur-Filtrerrückstände, die nicht im eigenen Betrieb angefallen sind, der Untersuchungspflicht. Auch die damit zu düngenden Parzellen sind zu untersuchen (Ausnahmegenehmigung durch die zuständigen Stellen) (Tab. 4). Bei Eigenverwertung entfallen die Untersuchungs- und Meldeverpflichtungen.

Im Sinne eines Nährstoffkreislaufes ist Kieselgur-Filtrerrückstand als ein zur Düngung geeigneter, schwermetallarmer Stoff anzusehen. Besonders sein Stickstoffgehalt

Tab. 4: Nährstoffgehalte in den frischen Abfällen der Kieselgurfiltration

N	0,55 bis 0,7 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< 0,05 bis 0,07 %
K <sub>2</sub> O	0,01 bis 0,05 %
MgO	0,04 bis 0,07 %

von 0,55 bis 0,7 % ist zu erwähnen. Die sorbierten Trubstoffe bestehen größtenteils aus leicht abbaubaren Eiweißstoffen, daher sollte im Weinbau mit der ausgebrachten Menge nicht wesentlich die 150 kg Gesamtstickstoff/ha übersteigen (Dünge-VO). Dies entspricht 20 bis 30 t Frischsubstanz pro ha. Damit sollte im Weinbau nur die Hälfte der in der Bioabfall-VO erlaubten Mengen ausgebracht werden.

Neben der N-Düngewirkung erwähnen KLASINK und STEFFENS (1995) die bodenverbessernde Wirkung von Kieselgur-Filtrerrückständen. Sie berichten von der Erhöhung der Wasserhaltefähigkeit eines Sandbodens. Dies ist bei dem feinen Mahlgrad auf Schluff-Korngröße nachvollziehbar.

Die Schwermetallgehalte in der Kieselgur sind außerordentlich niedrig. Durch Kieselgurverwertung in der Landwirtschaft können die Grenzwerte für Schwermetalle in Böden nach der Klärschlammverordnung weder erreicht noch überschritten werden. Unter der Voraussetzung sachgerechter Lagerung und Anwendung bestehen keine Bedenken gegen eine landwirtschaftliche Verwertung der Filtrationskieselgur aus Wein erzeugenden Betrieben (Tab. 5).

Eine Verwendung von Kieselgurschlamm als Futtermittel, wie es in den USA praktiziert wird, ist nach europäischem Recht nicht gestattet. Zwar gestattet die Richtlinie 70/524/EWG die Verfütterung von gereinigter Diatomeenerde unter der EG-Nr. E551c; dennoch ist eine Verfütterung von Kieselgurschlamm nicht zulässig, weil der säureunlösliche Teil der Asche mehr als 5 % beträgt.

Kellereiabfälle haben in der Regel hohe Nährstoffgehalte und verhältnismäßig geringe Schwermetallbelastungen. Ihr Einsatz muss sich deshalb in erster Linie am N-Gehalt orientieren (Tab. 6, 7, 8).

Tab. 5: Schwermetallgehalte in Kieselgur-Filtrerrückständen (KLASINK und STEFFENS 1995; RASP 1991)

	mg/kg Trockenmasse
Blei	< 1,0 bis 2,9
Cadmium	0,08 bis 0,3
Chrom	15,2 bis 18
Kupfer	5,2 bis 5,5
Nickel	18,0 bis 24,4
Quecksilber	< 0,01 bis 0,02
Zink	13,4 bis 32

Tab. 6: Schwermetallgehalte in Kieselgur-Filtrerrückständen (KLASINK und STEFFENS 1995, RASP 1991)

Produkt	Frischmasse	Trockenmasse
Trester	2 000 bis 3 000 kg	800 bis 1 000 kg
Mosttrub flüssig	500 – 1 500 l	25 bis 40 kg
Mosttrub fest	300 kg	25 bis 40 kg
Hefe	50 bis 500 l	15 bis 100 kg
Schönungstrub *	50 bis 200 l	10 bis 60 kg

\* Trub von der Blauschönung darf nicht landbaulich verwertet werden, dieser ist als Sondermüll zu entsorgen.

Tab. 7: Inhaltsstoffe der wichtigsten Kellereiabfälle (ZIEGLER)

Produkt	Einheit	Inhaltsstoffe (kg/Einheit)				
		Humus (o.S.)	Stickstoff N	Phosphor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Kalium K <sub>2</sub> O	Magnesium MgO
Trester (1 m <sup>3</sup> = 0,4–0,5 t)	t m <sup>3</sup>	330 150	8 3,5	3 1,3	13 5,8	1 0,4
Mosttrub, flüssig (1 m <sup>3</sup> = 0,9-1 t)	m <sup>3</sup>	70	5	0,3	3	0,1
Weinhefe, flüssig (20 % TM) (1 m <sup>3</sup> = 1 t)	t m <sup>3</sup>	160 160	8 8	3 3	12 12	0,2 0,2
Weinhefe, filtriert (40 % TM) (1 m <sup>3</sup> = 0,7 t)	t m <sup>3</sup>	320 224	16 11,2	6 4,2	24 16,8	1 0,7
Kieselgurfiltrations- rückstand	t		6	0,6	0,3	0,5

Tab. 8: Empfohlene Ausbringungsmengen zur landbaulichen Verwertung von Trester, Trub und Hefe

Trester	25–45 t/ha	60–100 m <sup>3</sup> /ha
Mosttrub flüssig	(8–10 % TM)	20–30 m <sup>3</sup> /ha
Weinhefe, flüssig	(20 % TM)	12–20 m <sup>3</sup> /ha
Filterhefe, stichfest	(40 % TM) 6 bis 10 t/ha	8–14 m <sup>3</sup> /ha

### Ausbringung frischer Abfälle

- möglichst in begrünte Gassen bringen,
- möglichst gleichmäßig und dünn verteilen,
- nicht tief einarbeiten
- zur Vermeidung einer überhöhten Mineralisation und N-Überdüngung, nach der Ausbringung:  
nicht sofort kalken  
keine intensive Bodenbearbeitung  
keine weitere N-Düngung im laufenden Jahr  
Hefe und Trub nicht in Wasserschutzgebiete Zone I und II ausbringen

### Kompostierung von Kellereiabfällen

- Kompostplatz  
alle 1–2 Jahre wechseln  
Sickerwasser vermeiden  
keine Rebstöcke oder Bäume bedecken  
nicht in Wasserschutzgebieten anlegen
- Behandlung der Kompostmiete

max. 2 m hoch aufschichten

lockere Lagerung

Zusatz von 5 bis 10 kg/m<sup>3</sup> Kalkmergel oder Steinmehl

regelmäßig umsetzen

mit wasserdichter Plane abdecken

## 3.2 Perlite

### 3.2.1 Vorkommen und industrielle Aufbereitung

Perlite ist kein Markenname, sondern bezeichnet ein dichtes, glasartiges Gestein (obsidianartig) vulkanischen Ursprungs. Es wird im Tagebau abgebaut.

Zur Herstellung der Perlite wird Perliterz im Drehrohrofen auf über 870 °C – meist werden Temperaturen zwischen 1 000 und 1 400 °C erreicht – bis zum plastischen Zu-

Tab. 9: Raumgewichte von Perlite, Kieselgur und Zellulose

Filterhilfsmittel	Perlite	Kieselgur g/l	Zellulose
Schüttgewicht	70–90	150–300	40–300

stand erhitzt. Das im Gestein enthaltene Wasser verdampft und bläht das Erz schaumig auf das 20-fache seines ursprünglichen Volumens aus. Nach dem Abkühlen wird der „Steinschaum“ gemahlen und es erfolgt eine Sortierung nach Korngrößen. Die Korngrößen-Verteilung liegt zwischen 1–100 mm. Die Hauptkorngrößen liegen zwischen 40 und 60 mm. Perlite hat im Vergleich zu Kieselgur und Cellulose das geringste Raumgewicht (Tab. 9).

Perlite besitzt im Gegensatz zu Kieselgur keine innere Porosität, ist aber genauso chemisch inaktiv und unlöslich wie Kieselgur. Die einzelnen Partikel von Perlite entsprechen in Form und Art den unregelmäßigen Teilchen eines zerschlagenen Glaskügelchens. Ihnen fehlt die in sich poröse skelettförmige Struktur der Diatomeen.

Während das unbehandelte Gestein leicht schimmernd grau bis glänzend schwarz ist, führt der Prozess der Expansion zu der charakteristischen rein weißen Farbe. Perlite besteht hauptsächlich aus Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ ) und ist im Wesentlichen inert.

Abgesehen von starken Säuren und Alkalien ist Perlite nahezu unlöslich. Chemisch handelt es sich um Aluminiumsilikat, das annähernd so inert ist wie Kieselgur (Tab. 10).

Tab. 10: Typische chemische Zusammensetzung von Perlite in %

	%
Silizium	33,8
Aluminium	7,2
Kalium	3,5
Natrium	3,4
Eisen	0,6
Calcium	0,6
Magnesium	0,2
Spurenelemente	0,2
Sauerstoff	47,5
Gebundenes Wasser	3,0
Summe	100,0

### 3.2.2 Verwendung von Perlite in der Filtration

Für 1998 wurde der Verbrauch an Perlite mit ca. 2,5 Millionen Tonnen angegeben, bei moderaten Wachstumsraten von 2 % pro Jahr. 43 % der Menge werden in Nordamerika verwendet. Der Verbrauch liegt unter der Produktionskapazität, die mit weltweit mit ca. 3,2 Millionen Tonnen angegeben wird.

Perliten sind steril und inert und deshalb weit verbreitet zur Filtration von Flüssigkeiten, in der Lebensmittel- und der pharmazeutischen Industrie. Perlite hat keinen Einfluss auf Geschmack, Geruch und Farbe.

Perlite lässt sich in der Anschwemmfiltration in folgenden Filtergeräten verwenden:

- Anschwemm-Schichtenfilter
- Siebfilter (Kesselfilter) mit horizontaler oder vertikaler Anordnung der Stützsiebe
- Kerzenfilter, mit vertikaler Anordnung der Filterkerzen (Kieselgurfilter)
- Vakuum-Drehfilter
- Kammerfilterpressen (Hefefilter)

Das Raumgewicht liegt bei trockener Perlite bei 32–400  $\text{kg/m}^3$ . Damit ergibt sich die Möglichkeit, bei vielen Filtrationen durch den Einsatz von Perlite an Stelle von Kieselgur Kosten zu sparen. Der Hauptvorteil von Perlite ist, dass das Raumgewicht um 20 % bis zu 50 % niedriger liegt als bei Standard-Kieselgur. Durch größeres Volumen je kg im Vergleich zu Kieselgur kann die Aufwandmenge gering gehalten werden, weshalb der Einsatz sehr wirtschaftlich ist. Daraus ergeben sich um bis zu 20 % verringerte Aufwandmengen. Perlite kompaktiert nicht und der Filterkuchen bleibt porös, dadurch ist das Abwerfen des Filterkuchens schnell und einfach zu bewerkstelligen.

Perlite wird seit Jahrzehnten mit Erfolg in der Filtration eingesetzt, bislang hauptsächlich in der Grobfiltration, z. B. in der Verarbeitung von Süßtrub und um Hefe abzutrennen. Handelsübliche Perliten waren aber bislang meist grob und voluminös. Aufgrund neuer Mahltechniken ist es möglich, Perlite, die bisher nur zur groben Klärfiltration eingesetzt wurden, so fein zu mahlen, dass

Feinfiltration möglich wird. Die Grundanschwemmung wird mit 200–400 g/m<sup>3</sup> angegeben, die Dosierung erfolgt meist mit 40–80 g/hl.

M. LIPPS hat sich unlängst ausführlich mit der Frage beschäftigt, in wieweit Perlite als alleiniges Filterhilfsmittel für die Feinfiltration geeignet ist. Dabei kam ein Horizontalkesselfilter mit einer Filterfläche von 3 m<sup>2</sup> zum Einsatz. In den Versuchen des Fachbereiches Kellerwirtschaft und Oenologie der DLR Bad Kreuznach-Simmern wurden zwei Versuchsserien durchgeführt.

1. Grobe Klärfiltration
  - a) handelsübliche Perlite (Becolite 3000)
  - b) Kieselgur (Seitz Super),
2. Feinfiltration
  - a) neuartige Feinperlite
  - b) Feingur (Becogur 200).

Die Versuche sind in den nachfolgenden Tabellen 11 und 12 dargestellt.

Die laufende Perlite-Dosage wurde der Filterbarkeit des Weines angepasst und lag in dem Bereich der Kieselgur. Die Trübungswerte waren bei der Grobfiltration mit durchschnittlich 1,6 NTU bei Perlite höher als mit 0,6 NTU bei Kieselgur, optisch waren

beide Weine blank. Dementsprechend betrug der Druckanstieg bei Perlite 0,3–0,4 bar/h gegenüber 1 bar/h bei Kieselgur.

Die Feinfiltration ergab fast gleiche Trübungswerte im Filtrat von durchschnittlich 0,4 NTU bei Perlite und 0,5 NTU bei Kieselgur und fast identische Druckanstiege von 0,7–0,8 bar/h bei Perlite und 1 bar/h bei Kieselgur. Die Kosten liegen mit durchschnittlich 0,1 Cent/l für beide Filterhilfsmittel (Kieselgur, bzw. Perlite mit Cellulose bei der Voranschwemmung) gleich. Lipps hat aus den vier Versuchen den Schluss gezogen, dass sowohl eine Klär- als auch eine Feinfiltration mit Perlite möglich ist. Die Zugabe von Filtrationscellulose (20 g/m<sup>2</sup>) diente „zur Verringerung der bekannten Druckstoßempfindlichkeit der Perlite“. Sowie im Baugewerbe Beton der Stahlarmierung bedarf, so bedarf Perlite der Armierung durch die langfaserige Zellulose.

Aus den Versuchen geht aber auch hervor, dass die alleinige Verwendung von Perlite nicht immer die gleiche Klärschärfe wie Kieselgur erreichen kann.

Tab. 11: Grobe Klärfiltration von Perlite und Kieselgur im Vergleich

		Müller-Thurgau Handelsübliche Perlite (Becolite 3000)	Silvaner Kieselgur (Seitz Super)
Trübung Unfiltrat	NTU	157	87
Voranschwemmung	g/m <sup>2</sup>	670	1 000
Laufende Dosage	g/hl	60	110
Filterleistung	l/h	4 200	5 400
Druckanstieg	bar/h	0,3–0,4	>1
Trübung Filtrat	NTU	12 1,6 NTU nach Zugabe von 20–30 g/m <sup>2</sup> Cellulose	0,6

Tab. 12: Feinfiltration mit Perlite im Vergleich zu Kieselgur

Feinfiltration		Neuartige Feinperlite	Silvaner Feingur Beco 200
Trübung Unfiltrat	NTU	1	1
Voranschwemmung	g/m <sup>2</sup>	1 000	1 000
Laufende Dosage	g/hl	120	120
Filterleistung	l/h	3 750	5 500
Druckanstieg	bar/h	0,7–0,8	>1
Trübung Filtrat	NTU	0,4	0,5

### 3.2.3 Rechtliche Vorschriften zur Entsorgung von Perlite

Die Gehalte an kristalliner Kieselsäure in Form von Quarz oder Cristobalit liegen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,1 %. Perlite ist somit unbedenklich unter dem Gesichtspunkt der Krebserregung. Die Entsorgung erfolgt analog zu Entsorgung der Kieselgur, allerdings ist aus rechtlicher Sicht eine unmittelbare Einarbeitung der Filtrationsrückstände in den Boden nicht notwendig.

## 3.3 Zellulose

### 3.3.1 Vorkommen und chemische Zusammensetzung

Fast alle Pflanzen bilden während ihres Wachstums Zellulose. Zellulose ist die in der Natur am häufigsten vorkommende organische Substanz, es handelt sich um einen nachwachsenden Rohstoff. Schätzungen belaufen sich auf 200 Milliarden Tonnen pro Jahr; davon werden ca. 2–3 % wirtschaftlich verwertet. Die jährlich produzierte Menge lässt sich allenfalls erahnen. Ein einzelner Baum produziert ca. 14 g Zellulose pro Tag. Chemisch betrachtet ist Zellulose ein Polysaccharid, das aus bis zu 5 000 kettenförmig aneinandergereihten Glucose-Molekülen besteht. Zellulose ist in Wasser unlöslich.

Im Pflanzenreich dient Zellulose als Struktur gebendes Material für Blätter, Äste und Stämme, da die Moleküle im Verbund mit anderen Hilfssubstanzen enorme Steifigkeit erreichen. Der Anteil der Begleitsubstanzen

Tab. 13: Anorganisch-chemische Analyse der wasserfreien Holzsubstanz

Kohlenstoff	50 %
Wasserstoff	6 %
Sauerstoff	44 %
Stickstoff	0,1 %
Mineralsubstanzen	0,5 %

Tab. 14: Organisch-chemische Analyse der wasserfreien Holzsubstanz

Zellulose	45–50 %
Lignin	25–30 %
Polyose	15–20 %
Harze, Wachse, Terpene, Phenole, Gerbstoffe, Chinone, Farbstoffe, Fette, Zucker, Eiweiß, Mineralstoffe	wenige Prozente je nach Holzart wechselnd

wechselt von Pflanze zu Pflanze. Die reinste Zellulose findet sich in einigen Algenarten. Auch Pflanzenfasern, wie z.B. Baumwolle, Flachs, Hanf oder Jute, sind überwiegend reine Zellulose (Tab. 13, 14).

### 3.3.2 Industrielle Aufarbeitung und Verwendung

Während diese Fasern ihre Zellulose ziemlich leicht freigeben, müssen zur Gewinnung des Zellstoffes aus Holz, Schilf, Stroh, und anderen vegetabilen Materialien spezielle Aufschlussverfahren angewendet werden, um Lignin und die Polyose abzutrennen und um ein Material möglichst einheitlichen Molekulargewichts zu erhalten, das auch für den nachfolgenden Einsatz rein genug ist. Dies geschieht überwiegend in so genannten Sulfite-Verfahren und im so genannten Kraft-Verfahren.

Die Herstellung der für die Kellerwirtschaft interessanten Zellulosen liegt in den Händen einiger weniger Hersteller. Es fehlen viele Kennzahlen, die den Vergleich mit Kieselguren und Perliten erleichtern könnten.

### 3.3.3 Verwendung von Zellulose in der Filtration

Zellulose wird neben Kieselgur, Perlite und Reiskleie als Press-Hilfsstoff verwendet. Bereits 1960 in Geisenheim wurde durch Zellulose-Einsatz als Presshilfsmittel erreicht, die Trubmenge um ein 1/3 zu vermindern. 1973 empfahl Erbslöh unter dem Namen Trub-ex eine langfaserige Zellulose als Press-Hilfsstoff und als Filterhilfsmittel für den Hefefilter (1–3 kg/hl).

Für sehr schleimige, schwer pressbare Maischen, wie zum Beispiel Silvaner- und Gutedel-Maischen sowie für Auslesen, Beerenauslesen und Trockenbeerenauslesen brachte Zellulose immer sehr gute Ergebnisse. Gelobt wurden der deutlich klarere Saftablauf und die problemlose schnelle Pressung bei verbesserter Ausbeute. Entscheidend dafür ist eine optimal gleichmäßige Verteilung von ca. 2–5 % von mittel bis langfasriger Zellulose (ab 500–2 000 mm).

Trotz dieser Vorteile verhinderten die hohen

Kosten und das sehr arbeitsaufwendige Einarbeiten der langkettigen Zellulose, eine weitere Verbreitung.

Kostenbedingt spielt Zellulose bislang in der Anschwemmfiltration eine nur untergeordnete Rolle. (Kosten gegenüber Kieselgur und Perlite um den Faktor 2–8 erhöht).

Filterschichten bestehen derzeit zu ca. 50 % aus Zellulose und zu ca. 50 % aus Kieselgur sowie aus kleineren Mengen von Polymerharz, welche die Schichten zusammenhalten. Bei Filterschichten wird zur Vermeidung von Papiergeschmack grundsätzlich ein 20-minütiges Wässern vor Filtrationsbeginn empfohlen. Trotzdem sei nicht verschwiegen, dass es bei früheren Versuchen zur Verwendung von Zellulose als alleiniges Filterhilfsmittel in der Anschwemmfiltration zu Rückschlägen kam. Während die Filtration alkoholfreien Bieres problemlos verlief zeigte sich bei der Filtration alkoholhaltigen Bieres ein erheblicher Fehlgeschmack denn der Alkohol löste unerwünschte Geschmacksstoffe aus dem Filterhilfsmittel (Blumelhüber und Mitarbeiter).

Im Unterschied zu den sozusagen im Feuer geläuterten Kieselguren und Perliten sind Zellulosen organische Materialien, primär nicht ganz frei von Anhaftungen, die sich sensorisch auswirken können.

Allerdings sind in den letzten Jahren bei der Zellulose-Herstellungstechnik große Fortschritte zu verzeichnen, die sich in besser definierter Reinheit und rückläufigem Preis äußern. Inzwischen sind Zellulosen mit sehr gleichmäßiger Korngrößenverteilung in jeder beliebigen, auch kürzerer Faserlänge herstellbar und erhältlich:

- Faserlänge 20–2 000  $\mu\text{m}$
- Faserdicke 20–30  $\mu\text{m}$

Die Faserdicke liegt aber immer in einer Bandbreite von 20–30  $\mu\text{m}$  unabhängig von der Faserlänge. Dies resultiert aus den natürlichen Gegebenheiten des Zellstoffes als Grundmaterial.

Zellulose wurde in der Anschwemmfiltration schon immer verwendet, und zwar zur Grundanschwemmung, um bei den früher üblichen großen Maschenweiten der Siebfilter Kieselgur aufbringen zu können, darüber hinaus auch in der Dosierung, um die bekannte Druckstoß Empfindlichkeit von Kieselgur und Perlite zu verhindern. Bei Kieselgur und Perlite kommt es Struktur bedingt nämlich häufig zu Rissen und Kratern, die zu Durchbrüchen und zur Instabilität der Filterkuchen führen (Vergleich Perlite). Filterhilfs-

mittel haben eine feinkörnige Struktur. Deshalb sind feine Risse und Krater im angeschwemmten Filterkuchen nicht immer vermeidbar. Hier entstehen überhöhte Strömungsgeschwindigkeiten. In der Folge entstehen Trübungsdurchbrüche. Partikel der Filterhilfsmittel und Trubstoffe können in das Filtrat gelangen. Zellulose oder konstant zudosierte Zellulose auch als Voranschwemmung bilden eine feste Grundlage. Es bildet sich eine stabile Armierung des Filterkuchens. Risse und Krater werden verhindert, kleine Schadstellen überbrückt, Druckschwankungen bei denen leicht kleine Filterdurchbrüche entstehen können werden ausgeglichen. Vorteilhaft sind auch die kürzeren Reinigungszeiten der Stützgewebe. Zur Grundanschwemmung wird eine Schichtdicke von ca. 1 mm angestrebt. Bei einer alleinigen Verwendung von Zellulose als Filterhilfsmittel genügen 30–50 % der üblicherweise verwendeten Kieselgurmengen, wahrscheinlich bedingt durch die im Vergleich zu Perlite und Kieselgur gleichmäßige Korngrößenverteilung und das geringere Eigengewicht der Zellulose.

#### **Vorteile beim Einsatz von Zellulose als Filterhilfsmittel**

Kein Verschleiß an Pumpen, wie sie bei Kieselgur und Perlite durch die abrasiven Eigenschaften insbesondere Kolbenpumpen des Hefefilters auftreten.

Der Verschleiß an Sieben und Stützsichten, wie er typischer Weise während der Voranschwemmung durch Kieselgur und Perlite entsteht, bedingt durch die abrasive Wirkung der anorganischen Feinstteilchen Filterhilfsmittel, die durch die Maschen gedrückt werden, während sich die Grundanschwemmung aufbaut. Kleine Schadstellen im Stützgewebe können überbrückt werden.

Im Gemisch mit Kieselgur oder bei Kieselgur-Perlite-Kombination wird ein Zellulose-Anteil bis 10 % empfohlen; so werden Feinstteilchen anorganischer Filterhilfsmittel zurückgehalten und die oft nach der Filtration vor der Abfüllung im Tank zu beobachteten störenden Kieselgur-Ablagerungen vermieden. Beim Vakuumdrehfiltereinsatz ist ein Zellulose-Zusatz von 3–10 % hilfreich.

Zellulosen setzen sich nicht im Kanalsystem ab; in die Kanalisation geleitete Restmengen sind unbedenklich.

### 3.3.4 Längere Standzeiten durch weniger Filterhilfsmittel pro 1 000 l

Unsere Versuche in der DLR-Rheinpfalz Neustadt an der Weinstraße befassten sich mit der Frage, welcher Klärgrad nach Zellosefiltration vorliegt (Tab. 15).

Die Versuchsergebnisse belegen – und dies wird von anderen Autoren bestätigt – dass Zellulose Filtration in ersten Versuchsergebnissen alleine bislang nicht die Klärschärfe von brauner Kieselgur erzielt. Allerdings zeigt ein Versuch der WZG Möglingen, dass Zellulose bei halbiertes Verbrauchsmenge trotz höherem Trübungsgrad nicht zu einem signifikant höheren Verbrauch an Filterschichten führen muss (Tab. 16).

### 3.3.5 Rechtliche Vorschriften zur Entsorgung von Zellulose

Die Gehalte an kristalliner Kieselsäure in Form von Quarz oder Cristobalit liegen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,1 %. Perlite ist somit unbedenklich unter dem Gesichtspunkt der Krebserregung. Die Entsorgung erfolgt analog zu Entsorgung der Kieselgur, allerdings ist aus rechtlicher Sicht eine unmittelbare Einarbeitung der Filtrationsrückstände in den Boden nicht notwendig.

## 4 Filtriertechnik

### 4.1 Kammerfilterpresse/Hefefilter

Die Kammerfilterpresse wird in der Weinindustrie traditionell zur Filtration von Hefetrub eingesetzt und deshalb als Hefefilter bezeichnet. Die geringe Stückzahl der für die Weinindustrie gefertigten Filter wirkte sich verzögernd auf die technische Entwicklung aus.

Die Bezeichnung Kammerfilterpresse leitet sich aus dem technischen Aufbau der Apparatur her, der gekennzeichnet ist durch ein Gestell in dem eine Vielzahl von Kammerplatten als Einzelelemente eingehängt werden. Die Kammerplatten werden durch die feste Kopfplatte und die bewegliche Endplatte zusammengespannt. Das Filterpaket wird hydraulisch angepresst. Ab Plattengröße 80 x 80 cm empfiehlt sich elektrohydraulische Anpressung.

Hefefilter werden ab einer Rahmengrößen ab 40 x 40 cm angeboten, in Abwägung von Kosten und Nutzen dominiert derzeit eine Filtergröße von 50 x 50 cm bei Neuanschaffungen. Unsere Erfahrung lehrt, dass sich durch die Vergrößerung des Trubraumes pro Kammer von 4 auf 8 Liter (von 40 x 40 cm auf 50 x 50 cm) eine erhebliche Reduzierung der Filterlänge und des Arbeitsaufwandes für Rüst- und Reinigungszeiten ergibt.

Tab. 15: Klärgrad in NTU nach Verschiedenenfiltrationsverfahren

	Unfiltrat	Filtrat Schichtenfilter	Filtrat Cross-flow	Filtrat Kieselgur		Filtrat Zellulose		
				Mittelfeine	Feine	Grobe	Mittelfeine	Feine
NTU	91	1,5	1	50	3	72	48	40

Tab. 16: Filtrationsvergleich Zellulose und Kieselgur; 2002 Schwarzriesling

Filtrationsversuch WZG Möglingen März 2003 2002 Schwarzriesling Trübung Unfiltrat 40 NTU		Zellulose	Kieselgur
Filtrierte Menge	l	260 000	257 800
Vorfiltration zur Abfüllung Verbrauchtes Filterhilfsmittel pro 1 000 l	kg	0,8	1,8
Aufwandmenge Filterhilfsmittel		44	100
Trübungsgrad minimal	NTU	7	0
Trübungsgrad maximal	NTU	19,7	7,5
Verbrauchte Filterschichten pro 100 000 Liter HS – 400 in der nachfolgende Schichtenfiltration		27,7	26,3
Filtrierte Weinmenge pro Filterschicht	l	3 800	3 600
Aufwandmenge Filterschicht	%	105,5	100

Die Einsatzmöglichkeiten des Hefefilters im Betrieb sind vielfältig:

- Süßtrub-Verarbeitung im Herbst
- Most-Kieselgurfiltration im Herbst
- Jungweinfiltration mit angeschlossenem Kieselgurdosiergerät
- Hefefiltration

Hefefilter sind zur Filtration stark trubbelasteter Flüssigkeiten geschaffen. Dabei hat sich gezeigt, dass damit sehr schnell sehr große Mengen filtriert werden können.

#### 4.1.1 Filtrationsdurchführung Hefefilter mit Dosiergerät

Wenn man den Filter weniger stark Trub belastetem Produkt beaufschlagt, ist es sinnvoll, mit einer externen Pumpe dessen Anströmgeschwindigkeit gegenüber der integrierten Kolbenpumpe zu erhöhen, da andernfalls die Filterleistung nicht voll ausgeschöpft wird und eine unzureichende Anschwemmung gelingt. Dann bedarf es allerdings eines externen Gerätes zur Kieselgurdosierung. Eine separate Pumpe wird dem Hefefilter vorgeschaltet. Das Kieselgurdosiergerät wird in die Schlauchleitung zwischen Pumpe und Filter geschaltet. Das Filterhilfsmittel wird mit der zu filtrierenden Flüssigkeit im Rührbehälter angesetzt. Das Rührwerk bleibt ständig in Betrieb. Die regulierbare Dosierpumpe fördert dieses Gemisch in das Mischrohr, durch welches der Flüssigkeitsstrom zum Filter geführt wird. Die Einstellung der Dosierpumpe richtet sich nach dem Trübungsgrad bzw. der Größe des Filters. Die Handhabung der Filtration entspricht der im Abschnitt Filtrationsdurchführung beschriebenen Technik.

Als Folge der Filtergröße und des damit verbundenen Totvolumens tritt allerdings das Problem hoher Verschnitt- und Restmengen auf. Dem hilft der Einsatz von Membranplatten ab, denn dadurch ist ein Ausdrücken des noch feuchten Filterkuchens möglich. Die Membranplatten werden alternierend eingesetzt, und so die Kosten reduziert (Aufpreis pro Platte ab 300 €). Gezielter Plat-

teneinsatz empfiehlt sich wie folgt: Durch das nach-vorne-Rücken der Endplatte wird die Filterkapazität der zu erwartenden Trubmenge ungefähr anpasst. Und die eventuell verbleibende Restfeuchte durch die Membranplatten ausdrückt. Da sich der Filter von der Endplatte her füllt, lässt sich mit wenigen Membranplatten eine Beschleunigung des Filtrationszyklus und eine deutliche Flexibilisierung des Arbeitsablaufes erreichen (Abb. 1).

Die Tücher für Hefefilter wurden durch innenabdichtende Platten optimiert. Die neuen Tücher ermöglichen eine sehr viel höhere Durchflussmenge (gemessen als Luftdurchlässigkeit  $100 \text{ cm}^2/\text{min}/20 \text{ mmWS}$ ) bei ausreichender Maschenweite. Die höhere Durchflussmenge der Tücher erlaubt in der Anschwemmung eine bessere Entlüftung und damit einen gleichmäßigeren Auftrag der Voranschwemmung. Diese Tuchqualität ist lediglich für Filterplatten mit innenliegenden Abdichtungen geeignet, weil sonst die Abtropfverluste zu groß sind. Darüber hinaus fällt die Reinigung der Tücher sehr viel leichter, denn es kommt nicht zu einem Festsetzen von Trubteilchen, und eine Verblockung der Tücher mit Schleimsäure und Glucanen ist nur in sehr viel geringerem Umfang wie bei herkömmlichen Tüchern zu erwarten. Hefefilter mit innen abdichtenden Tüchern sind für die Reinigung im CIP Verfahren optimal geeignet. In Kombination mit Membranplatten lassen sich auch die Restmengen besser verarbeiten und eine geringere Restfeuchte erreichen. Diese Filterplatten werden inzwischen von verschiedenen Firmen (Strassburger, Platz, Spadoni) ange-



Abb. 1: Membranfilterplatte tropffrei

boten. Die Mehrkosten pro Platte liegen bei ca. 200 €.

Versuche in unserem Hause widerlegen die anfängliche Befürchtung, es komme zur Ansammlung von Feintrub hinter dem Filtertuch. Ferner stellte sich heraus, dass die Tücher mit höherer Luftdurchlässigkeit eine verminderte mechanische Abriebfestigkeit aufweisen. Es empfiehlt eine kurze Voranschwemmung mit Zellulose, um die abrasive Wirkung der anorganischen Feinstteilchen der Filterhilfsmittel Kieselgur und Perlite, die durch die Maschen gedrückt werden, zu reduzieren und ein selbständiges leichtes Herausfallen der Platten nach der Öffnung des erschöpften Filters zu gewährleisten.

#### 4.1.2 Sonderfall Vakuumdrehfilter

Hohe Investitionskosten und hohe Stundenleistungen von 1 500–25 000 l/Std. bei einem 2,5 m<sup>2</sup>-Filter sind Merkmale des Vakuumdrehfilters. Der Filter kann nur zu Mostfiltration eingesetzt werden. Der Vakuumdrehfilter kam Mitte der 90er Jahre auch bei größeren Weingütern zum Einsatz. Es hat sich gezeigt, dass der Vakuumdrehfilter dem absätzigen Arbeiten von Klein- und Mittelbetrieben nicht gerecht wurde.

#### 4.1.3 Gesichtspunkte zum Kaufentscheid bei Hefefiltern

Die für die Kellertechnik relevanten Gesichtspunkte beim Kauf eines Hefefilters sind abschließend in der folgenden Übersicht zusammengefasst.

Hersteller auf dem deutschen Markt	Ohne Anspruch auf Vollständigkeit Strassburger, PallSeitzSchenk, Velo, Della Toffola, Spadoni, MHF	
Typenbezeichnung	Je nach Hersteller	
Preis ohne MwSt.	€	Die Preise variieren erheblich je nach Sonderausstattung
Plattengröße	cm	Empfohlen 50 x 50 cm oder 60 x 60 cm
Maximale Plattenzahl	Stck.	Ergibt sich aus der gewünschten Filterkapazität
Material Gestell	Edelstahl verkleidet ist der Standard, und empfiehlt sich wegen der extrem langen Lebensdauer der Filter	
Typ der Anpressung des Filters	Ab Plattengröße 80 x 80 cm empfiehlt sich elektrohydraulische Anpressung.	
Länge	m	Sind auf die Räumlichkeiten abzustimmen
Breite	m	
Höhe	m	
Pumpentyp – Kolbenausführung	Hartverchromte Kolben sind die beständigsten, Keilriemenantrieb (Schlupf bei Verblockung), Edelstahlausführung	
Pumpenförderleistung	l/h	Hohe Pumpenförderleistung beschleunigt den Filtrationszyklus, 2 Pumpengeschwindigkeiten führen zu schnelleren Filtrationszyklen
Max. Anpressdruck des Filters	bar	mindestens 280 bar, höhere Anpressdrücke führen bei Standardtüchern und Weinfiltration zu verringerten Abtropfverlusten.
Filterplattenausführung	Siehe im Kapitel Hefefilter	
Material Filterrahmen	Polypropylen ist Standard	
Material Filtertuch	Polypropylen ist Standard	
Gewicht Filtertuch	g/m <sup>2</sup>	Siehe im Kapitel Hefefilter
Dicke Filtertuch	mm	
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20mmWS	l	
Filterfläche bei maximaler Plattenzahl	Standardplatte	m <sup>2</sup>
	Membranplatte	m <sup>2</sup>
	Tropffreie Platte	m <sup>2</sup>
Maximales Trubvolumen je Kammer	l	Je höher desto besser
Gewicht je Filterplatte	kg	So niedrig wie zweckentsprechend möglich
Anschlusswert	kW	Überlastung während der Traubenlese einkalkulieren
Gesamtgewicht	kg	Deckenbelastung berücksichtigen
Bemerkung		

## Leervorlage Hefefilter für eigene Eintragungen beim Modellvergleich

Hersteller			
Typenbezeichnung			
Preis 20 Platten Standard ohne MwSt.	€		
Plattengröße	mm		
Maximale Plattenzahl	Stck.		
Material Gestell			
Länge	m		
Breite	m		
Höhe	m		
Pumpentyp – Kolbenausführung			
Pumpenarbeits-/ max. druck	bar		
Pumpenförderleistung	l/h		
Max. Anpressdruck des Filters	bar		
Filterplattenausführung			
Material Filterrahmen			
Material Filtertuch	Tuchfilter Standard		
	Tuchfilter tropfdicht		
	Tropffreie Membranplatte		
Gewicht Filtertuch	Tuchfilter Standard	g/m <sup>2</sup>	
	Tuchfilter tropfdicht	g/m <sup>2</sup>	
	Tropffreie Membranplatte	g/m <sup>2</sup>	
Dicke Filtertuch	Tuchfilter Standard	mm	
	Tuchfilter tropfdicht	mm	
	Tropffreie Membranplatte	mm	
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20mmWS	Tuchfilter Standard	l	
	Tuchfilter tropfdicht	l	
	Tropffreie Membranplatte	l	
Filterfläche bei maximaler Plattenzahl	Standardplatte	m <sup>2</sup>	
	Tropffreie Platte		
	Tropffreie Membranplatte	m <sup>2</sup>	
Maximales Trubvolumen je Kammer	l		
Gewicht je Filterplatte	kg		
Anschlusswert	kW		
Gesamtgewicht bei maximaler Plattenzahl	kg		
Bemerkung			

#### 4.1.4 Marktübersicht Hefefilter

##### Hefefilter Pall SeitzSchenk Filtersystems GmbH

Bauart	Kammerfilterpresse / Hefefilter / Hefetrubfilter		
Hersteller	Pall SeitzSchenk Filtersystems GmbH		
Typenbezeichnung	470	630	
Preis 20 Platten Standard Ausführung ohne MwSt. €	ab 14 000	ab 18 000	
Plattengröße mm	470 x 470	630 x 630	
Maximale Plattenzahl Stck.	40	60	
Material Gestell	Stahl lackiert oder Edelstahl verkleidet		
Typ der Anpressung des Filters	Manuelle oder elektrohydraulische Anpressung		
Länge m	2,30	2,90	
Breite m	0,92	1,10	
Höhe m	1,40	1,90	
Pumpentyp – Kolbenausführung	Kolbenpumpe Edelstahlausführung		
Pumpenförderleistung l/h	1 000	2 500	
Max. Anpressdruck des Filters bar	650	650	
Filterplattenausführung	TF = Tuchfilter Standard randgummierte Filtertücher		
	M-TF = Membran – Tuchfilter randgummierte Filtertücher		
	TF-D = Tuchfilter tropfdicht Abdichtung der Filterplatte erlaubt tropffreie Arbeitsweise		
	M-TF-D = Membran – Tuchfilter tropfdicht		
Material Filterrahmen	Polypropylen		
Material Filtertuch	Polypropylen		
Gewicht Filtertuch g/m <sup>2</sup>	545		
Dicke Filtertuch mm	1,0		
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20mmWS	20		
Freie Filterfläche je Platte	Standardplatte m <sup>2</sup>	0,326	0,617
	Membranplatte m <sup>2</sup>	0,310	0,572
	Tropffreie Platte m <sup>2</sup>	0,326	0,617
Maximales Trubvolumen je Kammer l	3,5	8,0	
Gewicht je Filterplatte kg	5,7	11,4	
Anschlusswert kW	1,2	1,5	
Gesamtgewicht bei maximaler Plattenzahl kg	850	950	
Bemerkung			

Abb. 2: Clean System Strassburger Filter

## Hefefilter Strassburger Filter

Bauart	Kammerfilterpresse / Hefefilter / Hefetrubfilter		
Hersteller	Strassburger Filter GmbH & Co.KG Filter - Anlagen - Apparatebau		
Typenbezeichnung	470	630	
Preis 20 Platten Standard Ausführung ohne MwSt. €	ab 14 000 einfachste Ausführung	ab 19 000 einfachste Ausführung	
Plattengröße mm	470 x 470	630 x 630	
Maximale Plattenzahl Stck.	40	60	
Material Gestell	Stahl lackiert oder Edelstahl verkleidet		
Typ der Anpressung des Filters	Manuelle oder elektrohydraulische Anpressung		
Länge maximale Plattenzahl m	3,85	5,41	
Breite m	0,89	0,89	
Höhe m	1,30	1,55	
Pumpentyp – Kolbenausführung	Edelstahlausführung Getriebeantrieb		
Pumpenarbeits-/max. Druck bar	10	10	
Pumpenförderleistung l/h	800	1 200	
Max. Anpressdruck des Filters bar	700	700	
Filterplattenausführung	Tuchfilter Standard randgummierte Filtertücher		
	Membran – Tuchfilter randgummierte Filtertücher		
	Clean System -Tuchfilter tropfdicht O-Ring Abdichtung der Filterplatte erlaubt tropffreie Arbeitsweise		
	Clean System - Membran – Tuchfilter tropfdicht		
Material Filterrahmen	Polypropylen		
Material Filtertuch	Polypropylen		
Gewicht Filtertuch g/m <sup>2</sup>	500		
Dicke Filtertuch mm	Keine Angabe		
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20mmWS	Keine Angabe		
Freie Filterfläche je Platte m <sup>2</sup>	0,34	0,59	
Filterfläche bei maximaler Plattenzahl	Standardplatte m <sup>2</sup>	13,6	35,4
	Membranplatte m <sup>2</sup>		
	Tropffreie Platte m <sup>2</sup>		
	Membranplatte tropfdicht m <sup>2</sup>		
Maximales Trubvolumen je Kammer l	4,5	8,0	
Gewicht je Filterplatte kg	9,1		
Anschlusswert kW	1,2	1,5	
Gesamtgewicht bei maximaler Plattenzahl kg	710	1850	
Bemerkung	Schlauchpumpe statt Kolbenpumpe lieferbar		
Abb. 2: Clean System Strassburger Filter			

**Hefefilter MHF Filter**

Bauart	Kammerfilterpresse / Hefefilter / Hefetrubfilter			
Hersteller	MHF Filter Vertrieb Bruno Platz Maikammer			
Typenbezeichnung	MHF 400	MHF 500	MHF 630	
Preis 20 Platten Standard ohne MwSt.	€ 9 100	12 800	15 000	
Plattengröße	cm 40 x 40	50 x 50	63 x 63	
Maximale Plattenzahl	Stck 40	40	50	
Material Gestell	Edelstahl verkleidet			
Länge	m 2,4	2,9	3,7	
Breite	m 0,85	0,95	1,00	
Höhe	m 1,45	1,55	1,75	
Pumpentyp – Kolbenausführung	Keilriemenantrieb - Hartverchromter Kolben			
Pumpenarbeits-/ max. Druck	bar 10 / 15	10 / 15	10 / 15	
Pumpenförderleistung	l/h 1 050	1 800	2 100	
Max. Anpressdruck des Filters	bar 280	300	300	
Filterplattenausführung	Tuchfilter Standard randgummierte Filtertücher			
	Tuchfilter tropfdicht Filterplatte erlaubt tropffreie Arbeitsweise			
	Tropffreie Membranplatte			
Material Filterrahmen	Polypropylen			
Material Filtertuch	Tuchfilter Standard	Polypropylen Multifil		
	Tuchfilter tropfdicht	Polypropylen Mono Mono		
	Tropffreie Membranplatte	Polypropylen Mono Multi		
Gewicht Filtertuch	Tuchfilter Standard g/m <sup>2</sup>	550		
	Tuchfilter tropfdicht g/m <sup>2</sup>	260		
	Tropffreie Membranplatte g/m <sup>2</sup>	350		
Dicke Filtertuch	Tuchfilter Standard mm	0,75		
	Tuchfilter tropfdicht mm	0,45		
	Tropffreie Membranplatte mm	0,65		
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20mmWS	Tuchfilter Standard l	30		
	Tuchfilter tropfdicht l	300		
	Tropffreie Membranplatte l	300		
Filterfläche bei maximaler Plattenzahl	Standardplatte	11,0	16,0	33,5
	Tropffreie Platte	Nicht lieferbar	14,8	33,5
	Tropffreie Membranplatte			
Maximales Trubvolumen je Kammer	l 3,2	5,5	8,0	
Gewicht je Filterplatte	kg 4	6,5	11,5	
Anschlusswert	kW 1,1	2,2	2,2	
Gesamtgewicht bei mit 20 Platten	kg 500	850	1 350	
Bemerkung	Umbau von vorhandenen Filtern auf Tropfrei und Tropffreie Membranplatten möglich			

## Hefefilter Della Toffola

Bauart		Kammerfilterpresse / Hefefilter / Hefetrubfilter			
Hersteller		Della Toffola Filter			
Typenbezeichnung		DT.400	DT.500	DT.600	
Preis 20 Platten Standard ohne MwSt.		€ 7 800	11 600	14 600	
Plattengröße		cm 40 x 40	50 x 50	60 x 60	
Maximale Plattenzahl		Stck. 40	40	50	
Material Gestell		Edelstahl verkleidet			
Länge		m 2,05	2,50	3,00	
Breite		m 0,85	0,90	1,10	
Höhe		m 1,45	1,50	1,70	
Pumpentyp - Kolbenausführung		direkt gekoppelter Antrieb - Edelstahl Kolben			
Pumpenarbeits-/ max. druck		bar 10 / 10	10 / 10	10 / 10	
Pumpenförderleistung		l/h 650	1 850	1 850	
Max. Anpressdruck des Filters		bar 300	300	300	
Filterplattenausführung		Tuchfilter Standard randgummierte Filtertücher			
Material Filtrahmen		Polypropylen			
Material Filtertuch		Tuchfilter Standard	Polypropylen Multifil		
Gewicht Filtertuch		Tuchfilter Standard g/cm <sup>2</sup>	600		
Dicke Filtertuch		Tuchfilter Standard mm	0,9		
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20 mm WS		Tuchfilter Standard l	40		
Filterfläche bei maximaler Plattenzahl		Standardplatte m <sup>2</sup>	11	16	33,5
Maximales Trubvolumen je Kammer		l 3,5	5	7,0	
Gewicht je Filterplatte		kg 4	5,5	8,0	
Anschlusswert		kW 0,55	1,5	1,5	
Gesamtgewicht mit 20 Platten		kg 500	710	1 250	
Bemerkung					

**Hefefilter Spadoni**

Bauart		Kammerfilterpresse / Hefefilter / Hefetrubfilter		
Hersteller		Spadoni		
Typenbezeichnung		AM 400	AM 560	AM 630
Preis 20 Platten Standard ohne MwSt.		€ 6 450	8 600	15 200
Plattengröße		cm 40 x 40	50 x 50	63 x 63
Maximale Plattenzahl		Stck. Keine Begrenzung nach Kundenwunsch		
Material Gestell		Edelstahl verkleidet		
Länge		m 2,80	3,10	3,10
Breite		m 0,85	0,97	1,10
Höhe		m 1,50	1,60	1,80
Pumpentyp – Kolbenausführung		Keilriemenantrieb /Kolbenpumpe		
Pumpenarbeits-/ max. druck		bar 11 / 15	11 / 15	11 / 15
Pumpenförderleistung		l/h 1 100	1 600	2 300
Max. Anpressdruck des Filters		bar 300	300	300
Filterplattenausführung		Tropffreie Filterplatte mit innenliegendem Tuch als Option		
Material Filterrahmen		Polypropylen		
Material Filtertuch		Tuchfilter Standard	Polypropylen	
Gewicht Filtertuch		Tuchfilter Standard g/	Keine Angabe	
Dicke Filtertuch		Tuchfilter Standard m	1,5	
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20mmWS		Tuchfilter Standard l	50 – 70	
		Filterfläche Standardplatte m <sup>2</sup>	0,16	0,25 0,39
Maximales Trubvolumen je Kammer		l 2,9	4,4	9,3
Gewicht je Filterplatte		kg 4,5	7,0	10,2
Anschlusswert		kW 0,75	1,25	2,25
Gesamtgewicht bei maximaler Plattenzahl		kg Abhängig von der Plattenzahl		
Bemerkung				

**Hefefilter Velo**

Bauart	Kammerfilterpresse / Hefefilter / Hefetrubfilter	
Hersteller	Velo	
Typenbezeichnung	FPA 400 x 400	
Preis 20 Platten Standard ohne MwSt.	€	6 750
Plattengröße	cm	40 x 40
Maximale Plattenzahl	Stck.	40
Material Gestell	Edelstahl verkleidet	
Länge	m	3,00 bei 40 Platten / 2,40 bei 20 Platten
Breite	m	0,8
Höhe	m	0,9
Pumpentyp – Kolbenausführung	Kolbenpumpe	
Pumpenarbeits-/ max. druck	bar	10 / 10
Pumpenförderleistung	l/h	800
Max. Anpressdruck des Filters	bar	Keine Angabe
Filterplattenausführung	Tuchfilter Standard randgummierte Filtertücher	
Material Filterrahmen	Polypropylen	
Material Filtertuch	Tuchfilter Standard	Polypropylen
Gewicht Filtertuch	Tuchfilter Standard g/m <sup>2</sup>	Keine Angabe
Dicke Filtertuch	Tuchfilter Standard mm	Keine Angabe
Luftdurchlässigkeit 100 cm <sup>2</sup> /min/20 mm WS	Tuchfilter Standard l	Keine Angabe
Filterfläche bei maximaler Plattenzahl	Standardplatte m <sup>2</sup>	10,9
Maximales Trubvolumen je Kammer	l	4
Gewicht je Filterplatte	kg	Keine Angabe
Anschlusswert	kW	1,1
Gesamtgewicht mit 20 Platten	kg	Keine Angabe
Bemerkung	Membranpumpe auf Anfrage	

**Externe Kieselgurdosiergeräte**

Bauart		Externes Kieselgur-Dosiergerät						
Hersteller	Della Toffola		Strassburger		Spadoni		Velo	
Typenbezeichnung			DOS 250	DOS 500				
Preis ohne MwSt.	€	3 550	4 100	6 700	7 900	1 950	2 900	2 200
Volumen des Rührbehälters	l	100	250	80	170	150	300	60
Maximale Förderleistung der Dosierpumpe	l/h	500	500	250	500	100	180	Keine Angabe
Länge	m	Keine Angabe		1,10	1,10	1,20	1,40	
Breite	m			0,60	0,60	0,80	1,00	
Höhe	m			1,12	1,15	1,30	1,50	
Anschlusswert	kW			0,55	0,55	Keine Angabe		
Gewicht	kg			75	115			

**4.2 Anschwemmfilter Kesselfilter/ Kieselgurfilter**

Der Anschwemm-Kesselfilter wird in der Weinindustrie traditionell zur Grob- und Feinfiltration mit Kieselgur eingesetzt und deshalb als Kieselgurfilter bezeichnet. Während der Hefefilter speziell für die Grobklärung sich eignet, liegt das Arbeitsfeld des Kieselgurfilters – mit fließenden Übergängen – im Bereich der Klärfiltration. Beispielsweise können sich bei der Filtration von Weißwein aus der Gärung heraus oder kurz danach, Trubmengen ergeben, die den Einsatz des Hefefilters erfordern. Die unterschiedlichen Leistungskennzahlen der beiden Filtertypen erklären dies: beim Hefefilter liegt die spezifische Leistung um ein Drittel niedriger als beim Kesselfilter. Das Kieselgur-Aufnahmevermögen von Hefefiltern beträgt 7,5 kg/m<sup>2</sup> gegenüber 5–6,45 kg/m<sup>2</sup> bei Kesselfiltern. Auch die Filterfläche ist unterschiedlich, und zwar bei Hefe- wesentlich höher als bei Kesselfiltern. Die sich aus diesen Unterschieden ergebenden erheblichen Konsequenzen verdeutlicht die Tabelle 17.

Bei Kesselfiltern sind in einem gemeinsamen Kesselraum die Filterelemente aus feinmaschigem Gewebe auf einer Hohlwelle angeordnet, durch die das geklärte Getränk abgeleitet wird. Die Kesselfilter werden liegend und stehend, mit vertikalen und horizontalen Siebelementen angeboten. Die horizontale Anordnung der Siebelemente hat den Vorteil, dass die sich bildende Filterhilfsmittelschicht eine sichere Auflage hat. Damit verläuft die Filtration unabhängiger von eventuellen Unterbrechungen oder Druckschwankungen. Die vertikale Anordnung wiederum hat den Vorteil, dass das Filterhilfsmittel doppelseitig aufgetragen werden kann.



Abb. 3: Vertikale Siebe eines Velo Kieselgurfilter

Tab. 17: Filterfläche und Kieselguraufnahmevermögen von Hefe- und Kieselgurfilter

Rahmengröße	Hefefilter			Kieselgurfilter	
	Plattenzahl	Filterfläche	Kieselgur Aufnahme-möglichkeit	Filterfläche	Kieselgur Aufnahme-möglichkeit
40 cm x 40 cm	20	3,2 m <sup>2</sup>	48 kg	3 m <sup>2</sup>	18 kg
50 cm x 50 cm	30	15,0 m <sup>2</sup>	112 kg	4 m <sup>2</sup>	24 kg
60 cm x 60 cm	40	28,8 m <sup>2</sup>	216 kg	5 m <sup>2</sup>	30 kg

Somit haben diese Systeme bei gleicher Siebgröße eine doppelte Filterfläche und damit auch entsprechend größere Leistung. Nachteilig wirkt sich jedoch bei der vertikalen Anordnung die teilweise ungleichmäßige Anschwemmung der Filterhilfsmittel und besonders die Empfindlichkeit gegenüber Druckschwankungen aus. Bei Druckschwankungen oder mangelndem Differenzdruck kann es zum Abrutschen des Filterkuchens kommen, was zu einem Abbruch der Filtration führt. Aus diesem Grund hat sich die horizontale Anordnung der Siebelemente im Laufe der Zeit für die Weinfiltration durchgesetzt. Bei den Filterelementen handelt es sich um Edelstahlgewebe mit Porenweiten von 60 bis 80  $\mu\text{m}$ .

Die Standzeit des Kesselfilters ist durch den maximalen Druck und die maximale Kuchenhöhe, bedingt durch die ständig wachsende Schicht aus Filterhilfsmitteln und Trubstoffen, begrenzt.

Nach Storz soll die Kieselgurfiltration im Idealfall so verlaufen, dass der Druckanstieg pro Zeiteinheit über weite Strecken konstant verläuft und gegen Ende der Filtration den maximalen Betriebsdruck erreicht. Gleichzeitig soll das Ende der Filtration einhergehen mit der Ausschöpfung des Trubraumes. Bei zu geringer Dosage muss die Filtration aufgrund des unverhältnismäßig stark ansteigenden Druckes abgebrochen werden. Bei zu hoher Dosage wird das Anschwemmolumen unökonomisch genutzt.

Die Strömungsverhältnisse spielen in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Aus der spezifischen Sedimentationseigenschaft der Filterhilfsmittel resultiert eine Mindestströmungsgeschwindigkeit, andererseits wird die maximale Geschwindigkeit durch Auftreten erster Turbulenzen markiert. Der optimale Leistungsbereich liegt bei 800–1 500  $\text{l/m}^2/\text{Std.}$  Filtrat. Dies ergibt sich aus dem später folgenden Rechenbeispiel. Zur Filtration der im Kessel verbleibenden Restmenge bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Entweder eine Restfilterplatte im unteren Teil des Filters, die anfänglich mit angeschwemmt wird und während des eigentlichen Filtrationsvorgangs geschlossen bleibt oder ein separater kleiner Kessel (Plattendurchmesser circa 20 cm, 1–5 Platten, Filtergröße ca. 0,1  $\text{m}^2$ ), der auch anderweitig zur Kleinmengenfiltration eingesetzt werden kann (Abb. 4, 5, 6).

Der Guraustrag kann entweder manuell oder automatisiert erfolgen. Automatischer

Guraustrag wird für Modelle ab 5  $\text{m}^2$  Filterfläche angeboten, Filter mit Automatischem Guraustrag sind ungefähr doppelt so teuer wie Filter mit einem manuellem Austrag.

Im Grunde rechnet sich der automatische Betrieb nur bei fortlaufender ganzjähriger Filternutzung. Andernfalls ergeben sich – bedingt durch die problematische Reinigung des geschlossenen Kesselraums – bei nur sporadischer Nutzung sehr unliebsame Hygieneprobleme. Diesen Sachverhalt belegen die folgenden Überlegungen und Berechnungen



Abb. 4: Externe Restfiltration 5  $\text{m}^2$  Spadoni Filter



Abb. 5: Restfiltrationsventil an einem Velo Filter



Abb. 6: Umlegen des Filterpaketes und Restfilterplatte Della Toifola

Im automatisierten Betrieb wird das Filterhilfsmittel ausgetragen, indem das Filterteilerpaket in Rotation versetzt wird. Dies ermöglicht einen weitgehend trockenen Filtermittelaustrag und – damit verbunden – verminderte Kosten bei der Abfallbeseitigung. Die Filterreinigung erfolgt durch Wasser und Sterilisation. In diesem Zusammenhang ist die Frage der Innenreinigung des Elementes durch die so genannte Rückspülung zu sehen und präzise zu stellen: Wie häufig ergibt sich die Notwendigkeit zum Ausbau der Filterelemente? All dies ist bei den Wartungskosten und für die Stillstandszeiten betriebswirtschaftlich relevant. Geht man – nach J. Kiefer – davon aus, dass auf Grund der Pumpenleistung und der Leitungsdimensionierung maximal mit einer Anschwemmgeschwindigkeit von rund  $1\,000\text{ l/m}^2/\text{Std.}$  zurückgespült werden kann, so ergibt dies eine Flüssigkeitssäule von 1 m Höhe, die sich in einer Stunde entgegen der Filtrationsrichtung durch das Trägermaterial bewegt. Daraus ergibt sich eine Geschwindigkeit von 1 m/Std. oder  $0,27\text{ mm/sec.}$ . Dieser Wert gilt als Durchschnitt über die gesamte Filterfläche. An den Rändern der Filterplatten, dort, wo die Verschmutzung am kritischen ist, geht die Geschwindigkeit gegen Null. Welche Kraft wirkt dabei auf ein Kieselgurteilchen mit einem Durchmesser von 40 mm? Bei einer Projektionsfläche von  $1,26 \times 10^{-9}\text{ m}^2$  und einer Strömungsgeschwindigkeit von  $0,27 \times 10^{-3}\text{ m}^2$  ergibt eine Kraft von  $4,6 \times 10^{-14}\text{ N}$ . Die Gewichtskraft des gleichen Teilchens beträgt etwa  $7,7 \times 10^{-11}\text{ N}$ , also gut 500 x mehr! Warum also sollte sich dieses Teilchen aufschwingen und seinen Ruheplatz am Elementrand verlassen? Für die Kellerpraxis ergibt sich das Risiko ungenügender Reinigung mit allen unliebsamen Folgen.

In Klein- und Mittelbetrieben sind demnach Kesselfilter mit manuell abhebbarer Glocke zu bevorzugen. Die technische Umsetzung des Abhebevorgangs ist ein wichtiges Kriterium beim Filterkauf. Bei Filtern ab  $3\text{ m}^2$  Fläche wird die menschliche Kraft beim Abheben der Glocke zunehmend überfordert; es bedarf dann des Einsatzes mechanischer Hilfen in Form von Galgen. Nach dem Abhebevorgang wird das Filterpaket umgelegt und dabei müssen die Leitungsverbindungen getrennt werden. Dies ist ein Abnutzungsvorgang und einer der neuralgischen Punkte des Systems und bisher nur



Abb. 7: Patentierte Gleitringdichtung beim Spadoni Kieselgurfilter

von der Firma Spadoni mit patentierten Gleitdichtungen befriedigend gelöst (Abb. 7).

Bei den Standard-Kieselgur-Anschwemm-Kesselfiltern bis zu  $5\text{ m}^2$  sind momentan vier italienische Firmen über Händler auf dem Deutschen Markt vertreten. Della Toffola, Padovan, Spadoni und Velo bieten Filter im Bereich von  $2\text{--}5\text{ m}^2$  an. Die konstruktiven Unterschiede der Filter liegen im Detail, alle Geräte sind in einer kompletten Edelstahlausführung auf dem Markt. In ihren Aufbau und in der Ausstattung orientieren sich die Filter am Schenk Rekord HK aus den 70er Jahren, als komplette Filterstation mit horizontalen Siebelementen, integriertem Kieselgurdosiergerät automatisch arbeitend, integrierte oder separate Restfiltrationseinrichtung und mit einem abnehmbaren Behälterkessel. Kostete dieser  $4\text{ m}^2$ -Schenk-Filter damals noch  $30\,000\text{ DM}$  liegt das Preisniveau heute bei ca.  $5\,000\text{ €}$  für einen  $4\text{ m}^2$ -Filter. Seit Mitte der 80er Jahre sind die Preise stabil bis leicht rückläufig für die Kieselgurfilter.

Technische Innovationen, z. B. optimierte Strömungsverhältnisse, wie sie im Schenk ZHF/Z-Primus vorliegen, bei dem jedes Filterelement separaten Zulauf erfährt, haben in dieser Filterklasse bis  $5\text{ m}^2$  noch keinen Eingang gefunden. In diesem Zusammenhang ist der druckzertifizierte  $6\text{ m}^2$ -Kerzenfilter Secujet der Firma Filtrox zu erwähnen, der die Restfiltration durch Gasdruck erlaubt. Dieser Spaltkerzenfilter kommt ohne bewegliche Teile aus und ist selbstaustragend.

In unseren Anwendungserfahrungen haben sich folgende Kritikpunkte herauskristallisiert: Die Handhabung der Filter bedarf auch weiterhin einer gewissen Übung zumal die Ventile für Ungeübte sich nicht sofort von selbst erschließen. Die bevorzugte Vari-

ante zum Entleeren des Filters mit Kohlen- säure oder Stickstoff ist nicht zulässig, da die Filter nicht druckzertifiziert sind. Eine restlose Entleerung der Filter ist bei den untersuchten Modellen nicht möglich. Die als Si-

cherheitsschutz gedachte Abdeckung der Anschwemmbehälter verführt wegen der erschwerten Einbringung der Kieselgur zu vollständigen Demontage.

#### 4.2.1 Gesichtspunkte zur Kaufentscheidung bei Kieselgurfiltern

Filtertyp		Heute werden im Winzerbetrieb ausschließlich kompakte Kesselfilter mit runden horizontalen Siebelementen und Restfiltrationseinrichtung ohne Selbstaustrag eingesetzt.
Hersteller		Vertrieb erfolgt über die lokalen Kellereiartikel und Kellereimaschinen Händler, sinnvoll ist eine Internet Recherche. Wichtig ist insbesondere eine gesicherte Ersatzteilversorgung vor Ort mit kurzen Lieferzeiten
Typenbezeichnung		Je nach Hersteller
Filterfläche	m <sup>2</sup>	Effektive Leistung ca. 1.000 l/m <sup>2</sup> /Std. Filtrat, zwischen 2 und 5 m <sup>2</sup> sind für Betrieb von 50.000 bis 300.000 l zu filtrierende Weinmenge geeignet.
Preis ohne MwSt.	€	alle Preise sind unverbindliche Händlerverkaufspreise Stand 2003/2004
Länge	m	Sind auf die Räumlichkeiten abzustimmen
Länge II umgeklappter Zustand	m	
Breite	m	
Höhe	m	
Pumpenleistung Zentrifugalpumpe	l/h	Ein Faktor der Filterleistung pro Stunde
Anzahl Filterelemente		Niedrigere, gedrungene Bauform ermöglicht wenige, größere Siebelemente. Dies erleichtert das abheben der Filterglocke
Durchmesser der Filterelementemr		
Abstand zwischen den Sieben		Größere Abstände erleichtern die Reinigung
Maximales Kuchenvolumen	l	Ein Faktor der Filterkapazität
Volumen der Filtrationskammer	l	
Volumen des Dosierbehälters	l	Möglichst groß
Anschlusswert	kW	Überlastung während der Traubenlese einkalkulieren
Gesamtgewicht	kg	Deckenbelastung berücksichtigen
Restfiltration		Notwendig, externe Restfiltrationseinheit bietet mehr Flexibilität.
Reinigung		Manueller Austrag empfohlen – Konstruktive Unterschiede berücksichtigen – entfernen der Glocke – umlegen des Filterpaketes
Pumpe		Spritzwasserschutz empfohlen
Bemerkung		Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, für die Richtigkeit der Angaben keine Gewähr.



**Leervorlage Kieselgurfilter für eigene Eintragungen beim Modellvergleich**

Bauart		Anschwemmfilter / Kieselgurfilter		
Filtertyp		Horizontal – Siebfilter		
Hersteller				
Typenbezeichnung				
Echte Filterfläche	m <sup>2</sup>			
Preis ohne MwSt.	€			
Länge	m			
Breite	m			
Höhe	m			
Pumpenleistung Zentrifugalpumpe	l/h			
Anzahl Filterelemente				
Durchmesser der Filterelemente	mm			
Abstand zwischen den Sieben	mm			
Maximales Kuchenvolumen	l			
Volumen der Filtrationskammer	l			
Volumen des Dosierbehälters	l			
Gewicht	kg			
Weinmenge nach Restfiltration	l			
Maschenweite der Siebe	μ			
Restfiltration				
Reinigung				
Pumpe				
Bemerkung				

**Kieselgurfilter Padovan Green Filter**

Bauart		Anschwemmfilter / Kieselgurfilter		
Filtertyp		Horizontal – Siebfilter		
Hersteller		Padovan		
Typenbezeichnung		GB 2/B	G4 /B-2	G5 /B-2
Filterfläche	m <sup>2</sup>	1,9	3,4	4,5
Preis ohne MwSt.n	€	4 990	5 990	Keine Angabe
Länge	m	1,07	1,30	1,30
Länge II umgeklappter Zustand	m		2,50	2,50
Breite	m	0,77	0,90	0,90
Höhe	m	1,50	1,50	1,50
Anschlusswert Zentrifugalpumpe	kW	1,1	1,75	1,75
Anzahl Filterelemente	Stck.	25	18	24
Durchmesser der Filterelemente	mm	328	495	495
Abstand zwischen den Sieben	mm	23	20	20
Maximales Kuchenvolumen	l	33	58	77
Volumen der Filtrationskammer	l	70	142	142
Volumen des Dosierbehälters	l	60	60	60
Gewicht	kg	180	230	246
Weinmenge nach Restfiltration	l	2,5	Keine Angabe	Keine Angabe
Maschenweite der Siebe	μ	80		
Restfiltration		keine	in Bodenplatte integriertes Restfilterelement	
Reinigung		manueller Austrag Abheben der Glocke zur Reinigung notwendig. Umlegen der Filterelemente nach dem Abheben der Glocke		
Pumpe				
Bemerkung		patentierte Siebträgerbleche mit gestanzten Noppen, gesamtes Siebpaket wird zur Kieselgurabtragung gekippt; fahrbar auf Rollen, keine Vorfiltrationseinheit Zuleitung des unfiltrierten Weines von oben in den Filterkessel		

**Kieselgurfilter Della Toffola Modell SM**

Bauart	Anschwemmfilter / Kieselgurfilter				
Filtertyp	Horizontal – Siebfilter				
Hersteller	Della Toffola				
Typenbezeichnung	SM 2 m <sup>2</sup>	SM 3 m <sup>2</sup>	SM 4 m <sup>2</sup>	SM 5m <sup>2</sup>	
Echte Filterfläche	2	3	4	5	
Preis ohne MwSt.	€	Keine Angabe		8 700	
Länge	m	1,27	1,27	1,27	1,27
Breite	m	0,75	0,75	0,75	0,75
Höhe	m	1,45	1,45	1,50	1,65
Anschlusswert Zentrifugalpumpe	kW	2,2	2,2	2,2	3,0
Anzahl Filterelemente	Stck.	10 + 1	14 + 1	19 + 1	24 + 1
Durchmesser der Filterelemente	mm	520	520	520	520
Abstand zwischen den Sieben	mm	24	24	24	24
Maximales Kuchenvolumen	l	40	59	79	99
		Maximales Kuchenvolumen 19,8 l/m <sup>2</sup>			
Volumen der Filtrationskammer	l	107	107	143	178
Volumen des Dosierbehälters	l	77	77	77	77
Gewicht	kg	Keine Angabe	210	235	Keine Angabe
Weinmenge nach Restfiltration	l	Keine Angabe			
Maschenweite der Siebe	μ	Keine Angabe			
Restfiltration	Im Kessel verbleibende Restmenge wird über die im Kessel integrierte Restfilterplatte – letztes Sieb - Pumpe leergezogen				
Reinigung	Manueller Austrag Umliegen der Filterelemente nachdem die Glocke abgehoben ist. Abheben der Glocke zur Reinigung notwendig. Ableitung der Kieselgur über mitgelieferte Rutsche				
Pumpe	Spritzwasser geschütztes Gehäuse				
Bemerkung	Niedrigere, gedrungene Bauform gegenüber Della Toffola ECP ermöglicht weniger Siebelemente. fahrbar auf Rollen				

**Kieselgurfilter Della Toffola Modell ECP**

Bauart		Anschwemmfilter / Kieselgurfilter		
Filtertyp		Horizontal – Siebfilter		
Hersteller		Della Toffola		
Typenbezeichnung		ECP 2 m <sup>2</sup>	ECP 3 m <sup>2</sup>	ECP 4 m <sup>2</sup>
Echte Filterfläche	m <sup>2</sup>	2	3	4
Preis ohne MwSt.	€	Keine Angabe	6 240	Keine Angabe
Länge	m	1,08	1,08	1,08
Breite	m	0,65	0,65	0,62
Höhe	m	1,40	1,52	1,63
Anschlusswert Zentrifugalpumpe	kW	2,2	2,2	2,46
Anzahl Filterelemente	Stck.	19 + 1	19 + 1	26 + 1
Durchmesser der Filterelemente	mm	379	452	452
Abstand zwischen den Sieben	mm	24	24	24
Maximales Kuchenvolumen	l	40	59	79
		Maximales Kuchenvolumen 19,8 l/m <sup>2</sup>		
Volumen der Filtrationskammer	l	77	117	155
Volumen des Dosierbehälters	l	40	60	60
Gewicht	kg	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe
Weinmenge nach Restfiltration	l	Keine Angabe		
Maschenweite der Siebe	μ	Keine Angabe		
Restfiltration		Im Kessel verbleibende Restmenge wird über die im Kessel integrierte Restfilterplatte (letztes Sieb) mit Pumpe leergezogen		
Reinigung		Manueller Austrag Abheben der Glocke zur Reinigung notwendig Umlegen der Filterelemente nach dem Abheben der Glocke Ableitung der Kieselgur über mitgelieferte Rutsche		
Pumpe		Kein Spritzwasser geschütztes Gehäuse		
Bemerkung		Hohe Bauform gegenüber Della Toffola SM und FSB benötigt mehr Siebelemente fahrbar auf Rollen		

**Kieselgurfilter Della Toffola Modell FSB**

Bauart	Anschwemmfilter / Kieselgurfilter		
Filtertyp	Horizontal – Siebfilter		
Hersteller	Della Toffola		
Typenbezeichnung	FSB 3 m <sup>2</sup>	FSB 4 m <sup>2</sup>	FSB 5m <sup>2</sup>
Echte Filterfläche	m <sup>2</sup> 3	4	5
Preis ohne MwSt.	€ Keine Angabe	7 990	Keine Angabe
Länge	m 1,45	1,45	1,45
Länge II umgeklappter Zustand	m 2,50	2,65	2,80
Breite	m 0,70	0,70	0,70
Höhe	m 1,60	1,60	1,60
Anschlusswert Zentrifugalpumpe	kW 2,2	2,2	3,0
Anzahl Filterelemente	Stck. 15 + 1 Restfilt.	20 + 1 Restfilt.	25 + 1 Restfilt.
Durchmesser der Filterelemente	mm 520	520	520
Abstand zwischen den Sieben	mm 24	24	24
Maximales Kuchenvolumen	l 59	79	99
	maximales Kuchenvolumen 19,8 l/m <sup>2</sup>		
Volumen der Filtrationskammer	l 115	150	185
Volumen des Dosierbehälters	l 77	77	77
Gewicht	kg Keine Angabe	Keine Angabe	300
Weinmenge nach Restfiltration	l	Keine Angabe	
Maschenweite der Siebe	μ	Keine Angabe	
Restfiltration	Im Kessel verbleibende Restmenge wird über die im Kessel integrierte Restfilterplatte – letztes Sieb - Pumpe leergezogen		
Reinigung	Manueller Austrag Umlegen des Kessels im geschlossenem Zustand möglich. Kein Abheben der Glocke notwendig. Glocke wird nach dem Umlegen auf der Gleitstange von den Siebelementen abgezogen. Ableitung der Kieselgur über mitgelieferte Rutsche		
Pumpe	Spritzwasser geschütztes Gehäuse		
Bemerkung	Niedrigere, gedrungene Bauform gegenüber Della Toffola ECP ermöglicht weniger Siebelemente. fahrbar auf Rollen		
		<p>Abb. 8: Umgelegtes Filter Paket Della Toffola FSB 4 m<sup>2</sup> 2003</p>	

## Kieselgurfilter Spadoni

Bauart	Anschwemmfiter / Kieselgurfilter				
Filtertyp	Horizontal – Siebfilter				
Hersteller	Spadoni				
Typenbezeichnung	DBCL / 50 SP	DBCL / 80 SP	DBCL / 100 SP	DBCL / 125 SP	DBCL / 150SP
Filterfläche	m <sup>2</sup> 2	3	4	5	6
Angegebene Leistung	l/h 5 000	8 000	10 000	12 500	15 000
Preis ohne MwSt.	€ 5 200	6 100	7 200	9 000	10 000
Länge	m 1,40	1,40	1,40	1,75	1,75
Breite	m 0,80	0,80	0,80	1,00	1,00
Höhe	m 1,40	1,60	1,95	1,89	2,00
Anschlusswert Zentrifugalpumpe	kW 1,75	2,5	2,5	3,25	5,75
Anzahl Filterelemente	Stck. 12 + 1 Restfilt.	18 + 1 Restfilt.	24 + 1 Restfilt.	20 + 1 Restfilt.	24 + 1 Restfilt.
Durchmesser der Filterelemente	mm 460	460	460	570	570
Abstand zwischen den Sieben	mm 28	28	28	28	28
Maximales Kuchenvolumen	kg 15	23	32	40	58
Maximales Kuchenvolumen	l	Maximales Kuchenvolumen 19,8 l/m <sup>2</sup>			
Volumen der Filtrationskammer	l 90	118	145	165	185
Volumen des Dosierbehälters	l 90	90	90	120	120
Gewicht	kg 180	210	240	380	420
Weinmenge nach Restfiltration	l 5	5	5	7	7
Maschenweite der Siebe	μ	80			
Restfiltration	Im Kessel verbleibende Restmenge wird über die im Kessel integrierte Restfilterplatte (letztes Sieb) mit Pumpe leergezogen				
Reinigung	Manueller Austrag Umlegen des Kessels im geschlossenem Zustand möglich. Kein Abheben der Glocke notwendig. Glocke wird nach dem Umlegen auf der Gleitstange von den Siebelementen abgezogen. Ableitung der Kieselgur über mitgelieferte Rutsche				
Pumpe	Spritzwasser geschütztes Gehäuse				
Bemerkung	Patentierete Gleitringdichtungen erlauben ein Umlegen des Kessels ohne Demontage von Armaturen und ohne offenliegende Leitungen. Externe Restfiltrationseinheit als Extra. fahrbar auf Rollen				
		<p>Abb. 9: Umlegen des Filterpaketes und Abziehen des Kessels mittels Galgen Spadoni 3m<sup>2</sup></p>			

**Kieselgurfilter Velo**

Bauart	Anschwemmfilter / Kieselgurfilter				
Filtertyp	Horizontal – Siebfilter				
Hersteller	Velo				
Typenbezeichnung	FOB 2	FOB 3	FOB 4	FOB 5	
Filterfläche	m²	2	3	4	5
Preis ohne MwSt.	€	4 800	5 050	5 250	5 700
Länge	m	1,10	1,10	1,10	1,15
Breite	m	0,98	0,98	0,98	1,00
Höhe	m	1,35	1,60	1,65	1,70
Länge II (Glocke ausgehoben)	m	Galgen nicht lieferbar	2,20	2,40	2,60
Anschlusswert Zentrifugalpumpe	kW	2,2	2,2	2,2	2,2
Anzahl Filterelemente	Stck.	16	24	32	40
Durchmesser der Filterelemente	mm	400	400	400	400
Abstand zwischen den Sieben	mm	28	28	28	28
Maximales Kuchenvolumen	kg	12	18	24	30
Maximales Kuchenvolumen	l				
Volumen der Filtrationskammer	l	75	110	150	160
Volumen des Dosierbehälters	l	40	40	40	40
Gewicht	kg	105	130	160	165
Weinmenge nach Restfiltration	l	5	5	5	5
Maschenweite der Siebe	µ	80			
Restfiltration	Externe Restfiltration im Preis enthalten				
Reinigung	manuell				
Pumpe					
Bemerkung	Hebemechanismus mit Handkurbel zum Ausheben der Glocke 350 €				

**4.3 Fehler bei der Filtration, Ursache und Behebung**

Dieser Abschnitt soll in der gebotenen Kürze – teils in Stichworten – eine geordnete Fehlersuche ermöglichen. Vor Inbetriebnahme des Filters Drehrichtung und Spannung prüfen sowie einen Trockenlauf der Pumpe vermeiden.

**4.3.1 Ungenügende Klärschärfe**

Im Verlauf der Voranschwemmung:

- Zu wenig Filterhilfsmittel
- Dosierpumpe verstopft (Konzentration im Dosierbehälter zu hoch - Leitung spülen)
- Ungenügende Entlüftung
- Nicht ausreichende Pumpenleistung

- Zuleitung ist ausreichend zu dimensionieren:

- 2 m² DN 25
- 3 m² DN 32
- 4 m² –6 m² DN 40

- Zu hohe Pumpenleistung
- Filterhilfsmittel drückt durch
  - Zu geringer Differenzdruck Filterausgang zu weit geöffnet
  - Leckage
  - Siebe
  - Dichtungen
  - Flansch

Verschmutzte Siebe

Zu geringe Konzentration der Dosierung des Filterhilfsmittels

Im Verlauf der Filtration:

- Filterhilfsmittel zu grob
- Filterhilfsmittel drückt durch

- unzureichende Voranschwemmung
- Durchfluss zu hoch
- Verbogene Siebe
- Filterausgang zu sehr geschlossen
- Filterausgang zu weit geöffnet
- Leckage
  - Siebe
  - Dichtungen
  - Flansch
- Pumpe verstopft durch Hefe- oder Schöpfungstrub
- Falsche Ventilbetätigung zwischen Voranschwemmung und Filtration
- starke Druckschwankungen
- Sog an Filterausgang
- Luft im Filter
- Wechsel des Weines während der Filtration
- Verschmutzte Siebe

#### 4.3.2 Zu kurze Filtrationen, unangepasster Druckanstieg

Im Verlauf der Voranschwemmung:

- Pumpe zieht Luft Dosierbehälter leer oder Verwirbelung im Dosierbehälter
- Luft im Filter  
Hoher CO<sub>2</sub>-Gehalt des Weines  
Verschraubungen nicht angezogen
- Trubgehalt der Flüssigkeit zur Voranschwemmung zu Hoch

Im Verlauf der Filtration:

- Druckdifferenz zu gering  
Verschleiss der Pumpe  
Pumpenförderleistung zu gering  
Gegendruck zu hoch
- Verschmutzte Siebe
- Zuviel Filterhilfsmittel
- Zuwenig Filterhilfsmittel
- Zu geringe Leitungsquerschnitte, Zu- und Abführung des Filters
- Verstopfte Filtertücher (Hefefilter)
- Ungleichmäßige Dosierung des Filterhilfsmittels
- Leitung der Dosierpumpe verstopft
- Dosierpumpe nicht eingeschaltet
- Pumpe zieht Luft
- Wechsel des Weines während der Filtration
- Schlechte Abstimmung von Voranschwemmung und Dosierung
- Verstopfte Tücher oder Siebe durch Voranschwemmung mit stark trubhaltigen Unfiltrat.

#### 4.4 Fragen, die sich im praktischen Betrieb sehr häufig ergeben

Trotz mechanischer Reinigung der Filtertücher des Hefefilters verstopft der Filter sofort.

- Bei stark Botrytis belastetem Lesegut kann es zur Ablagerung von Glucanen in den Filtertüchern kommen, die durch eine mechanische Reinigung nicht zu beseitigen ist. Vorzugsweise in schwierigen Jahren wie im Jahrgang 2000 oder bei Beeren- und Trockenbeerenauslesen tritt dieses Problem auf. Abhilfe schafft eine Reinigung mit einem pektolytischer Enzyme mit b-Glykosidase-Nebenaktivität. Vorgehensweise:
  - Die für das komplette Filtersystem benötigte Wassermenge wird auf 40–50 Grad Celsius gebracht und damit der Filter erwärmt.
  - 20 bis 50 Gramm Enzym im Wasser auflösen und im Rundlauf für 4 bis 12 Std. pumpen, 30–40 °C Wassertemperatur sind ideal um eine bessere Enzymwirkung zu erzielen.

Lohnt sich auch beim Hefefilter eine Voranschwemmung.

- Ja, denn die Reinigung des Filters wird dadurch erleichtert, die Platten fallen leichter heraus, das Filtertuch geschont, die Tuch-Reinigungsintervalle vergrößert.

Nach der Kieselgurfiltration finde ich beim nachfolgenden Abziehen des Weines zur Sterilfiltration Kieselgur auf dem Tankboden.

- Vermeidbar durch die Beimischung von Zellulose um die bekannte Druckstoß Empfindlichkeit von Kieselgur und Perlite zu verhindern. Bei Kieselgur und Perlite kommt es Struktur bedingt nämlich häufig zu Rissen und Kratern, die zu Durchbrüchen und zur Instabilität der Filterkuchen führen (Vergleich Perlite). Filterhilfsmittel haben eine feinkörnige Struktur. Deshalb sind feine Risse und Krater im angeschwemmten Filterkuchen nicht immer vermeidbar. Hier entstehen überhöhte Strömungsgeschwindigkeiten. In der Folge entstehen Trübungsbruchbrüche. Partikel der Filterhilfsmittel können in das Filtrat gelangen und damit Verbunden auch die Gefahr einer nicht Abtrennung von Mikroorganismen. Dies vor allem bei der Vorfiltration zur Abfüllung nachteilig. Durch Zellulose in der Voranschwemmung und laufender Dosierung bildet sich eine stabile Armierung des Filterku-

chens. Risse und Krater werden verhindert, kleine Schadstellen überbrückt. Inwieweit kann ich durch die Erhöhung des Pumpendrucks Zeit sparen?

- Die Verdoppelung der Filtrationsgeschwindigkeit führt zu einer Reduzierung der Chargengröße um 30 %. Fazit: Nicht mit einer sehr hohen, sondern nur mit vernünftig dem Unfiltrat angepasster Geschwindigkeit sind maximale Chargen erreichbar. Gleichzeitig werden so Rüstzeiten und Verbrauchswerte minimiert.

Warum haben meine unteren Filtersiebe eine dickere Schicht Kieselgur als die höherliegenden Siebe nach dem Öffnen des Filters?

- Wenn 1 000 l/m<sup>2</sup>/Std. durch den Filter fließen, beträgt die tatsächliche Fließgeschwindigkeit 1 m pro Stunde. Dies ist eine langsame Strömung. Wird sie unterschritten, kommt es zum Sedimentieren der Kieselgur während des Filtrationsvorganges und damit zu einer schwerkraftgesteuerten ungleichmäßigen Verteilung auf den Sieben.

Welche Folgen ergeben sich aus hohen Druckschwankungen?

- Durch Druckschwankungen kann es zum so genannten „Hefestoß“ kommen. Hefen und Bakterien brechen durch eine mangelnde Keimreduzierung ist die Folge. Er hat etwa den gleichen Effekt wie eine zeitlich begrenzte Unterdosierung. Der Anteil der schleimigen Trubteilchen an der Oberfläche der Anschwemmschicht steigt gegenüber den Kieselgurpartikeln so stark an, dass sich dort eine relativ undurchlässige Schicht bildet. Die Folge ist ein entsprechend starker und schneller Anstieg der Druckdifferenz. Wenn dies am Anfang der Filtration geschieht, so besteht die Gefahr einer Verschlechterung der Filtrationsergebnisse aufgrund der möglichen Kieselgur-Durchbrüche sowie des Umstandes, dass die hohen Druckdifferenzwerte es verunmöglichen, die vorgesehene Gesamtleistung zu erreichen. Gegen Ende der Filtration hingegen sind die Filtrationsergebnisse meistens weniger gefährdet. Zur Vermeidung eines Hefestoßes kann man folgende Vorkehrungen treffen:

- Kontrolle der Unfiltratzufuhr
- Puffertank vor dem Filter
- höhere Dosierung

Wie wichtig ist das Einhalten der Fließgeschwindigkeit bei Hefe- und Kieselgurfilter?

- Bei den Kieselgurfiltern hingegen gibt es bestimmte Minimalwerte, die unbedingt eingehalten werden müssen. Während für die Schichtenfiltern gilt: Je langsamer desto besser. Gilt dies nicht für Kieselgurfilter. Wichtig ist die gleichmäßige Verteilung der Filterhilfsmittel-Partikel (Sedimentation, Steiggeschwindigkeit, Turbulenz, Streuung der Partikelgröße usw.) Die Nichtbeachtung der empfohlenen Minimalwerte hat folgende negativen Folgen:

Beschädigung der Filteranlage infolge unregelmäßiger Verteilung der Filterhilfsmittel (und zwar mehr oder weniger bei allen Filter-Typen).

Gefährdung der Sicherheit des Endprodukts. Bei ungenügender Fließgeschwindigkeit sammeln sich an den kritischen Stellen nur feine Filterhilfsmittel Partikel. Nach kurzer Zeit nimmt die Filter-Durchlässigkeit ab, und das zu filternde Produkt läuft durch die porösen Partien des Kuchens ab. Sobald nun die Druckdifferenz steigt, werden die aus feinen Partikeln gebildeten Schichtbereiche stärker belastet als es ihre Struktur erlaubt. Die Folge sind dann Filterdurchbrüche.

Was passiert, wenn Luft im Filter während der Filtration verbleibt?

- Das Luftpolster verhindert, dass an den oberen Partien der Stüttschicht eine einwandfreie Voranschwemmung gebildet wird. Mit einem Filter, der nicht richtig entlüftet wurde, können keine guten Filtrationsergebnisse erreicht werden. Sobald steigender Filtrationsdruck im Trubraum das Luftpolster verkleinert, kann unfiltriertes Produkt durch schlecht angeschwemmte Schicht dringen: Die Folgen davon sind hohe Trübungswerte und mangelnde Keimreduzierung.

## 5 Arbeitssicherheit bei der Weinfiltration

### 5.1 Umgang mit Filtergeräten

Unfallgefahr besteht bei Demontage des Schutzgitters im Bereich des Rührwerks des Dosierbehälters. Durch Klemmen der Finger, Hände und Arme kann es zu schweren Quetschungen kommen.

Nach der Druckbehälterverordnung, der die Kesselfilter unterliegen, ist ein Abdrücken der Restmengen mit Gasen nicht zulässig.

sig. Geräte mit einer Druckbeaufschlagung durch Gas oder Kohlensäure von bis zu 6 bar müssen den Anforderungen der Druckbehälter-Verordnung entsprechen. Solche Geräte bedürfen einer Baumusterprüfung oder einer Prüfung vor Inbetriebnahme, sowie nachfolgend regelmäßige Prüfungsintervalle. Es gibt keinen Kieselgurfilter, der momentan für die Weinfiltration verkauft wird unterhalb der Größe von 6 m<sup>2</sup> mit amtlich zugelassenem Druckgasanschluss.

Kieselgurfilter in der Klasse bis 5 m<sup>2</sup> die für eine Druckbeaufschlagung mit Kohlensäure oder Druckluft zugelassen sind, werden produziert sind aber zu teuer.

## 5.2 Umgang mit Filterhilfsmitteln

Wiederholter und andauernder Kontakt kann wegen der hohen Adsorptionsfähigkeit des Materials zur Entfettung der Haut und zu Reizungen führen. Filterhilfsmittel können die Atmungsorgane reizen und schädigen. Es gelten deshalb folgende allgemeine Empfehlungen zur Arbeitssicherheit im Umgang mit Filterhilfsmitteln:

- Expositionsbegrenzung
- Staubaufwirbelung vermeiden.
- Für Belüftung sorgen, um Feinstaub abzutransportieren (Nachtumluft, Gärgasabsaugung einschalten, Türen öffnen)
- Bei Einsatz von Zellulose Schutz vor elektrostatischer Aufladung.
- persönliche Schutzausrüstung tragen  
Atemschutz: Maske (Partikelfilterklasse P 2),  
Schutzhandschuhe,  
Schutzbrille,  
Arbeitsschutzkleidung  
Feinstaubmaske als Arbeitsschutz

Nach dem Arbeitsschutzgesetz ist der Unternehmer verpflichtet, den Betrieb so einzurichten und zu regeln, dass die Beschäftigten gegen Gefahren für Leben und Gesundheit soweit geschützt sind, wie es die Natur des Betriebes gestattet. Auswahl und Einsatz der Atemschutzgeräte sind durch eine Gefährdungsanalyse zu ermitteln. Der Unternehmer ist verpflichtet, unter anderem folgende Überprüfungen vorzunehmen: Art und Umfang des Risikos, Risikodauer und Risikowahrscheinlichkeit für den Arbeitnehmer. Die EN 149:2001 ist die Europäische Norm für partikelfiltrierende Halbmasken, mittels derer die Sicherheitsanforderungen erfüllt werden, welche in der Europäischen Richtlinie 89/686/EEC für Persönliche Schutzausrü-

stungen festgelegt sind. Sie gilt seit 2001 für alle neu zugelassenen Partikelmasken, die in drei Schutzstufen hergestellt werden. Das bedeutet, dass alle Masken die Anforderungen für feste Feinstäube und flüssige Aerosole erfüllen müssen: Die Lagerfähigkeit muss – unter Berücksichtigung der Lagerbedingungen wie Temperatur und Feuchtigkeitsbereich – auf der Verpackung aufgedruckt sein. Filtrierende Halbmasken sind vollständige Atemschutzgeräte! Sie bedecken Nase, Mund und gegebenenfalls das Kinn und bestehen ganz oder teilweise aus Filtermaterial oder aus einer mit dem Filter untrennbar verbundenen Halbmaske. Die Feinstaubmaske nach DIN EN 149 FFP 2 S schützt gegen feste, giftige Partikel bis zum zehnfachen des MAK-Wertes. Der Preis pro Stück liegt bei ungefähr 2,00 €.

## 5.3 Umgang mit Kieselgur bei der Kieselgur-Filtration

### 5.3.1 Gefahrenquellen

Arbeitsbedingte Gefahrenquellen bestehen in allen Bereichen, in denen Kieselgur (Siliciumdioxid) zum Einsatz kommt, und zwar durch Staubentwicklung bei der Gewinnung, Be- und Verarbeitung. Um eine Gesundheitsgefährdung für die Verwender von Kieselgur auszuschließen – aber auch um Kieselgur weiter als Filtrationsmedium in der Weinwirtschaft nutzen zu können – ist es notwendig, dessen gesundheitsgefährdendes Potenzial differenziert einzuschätzen. Auf den ersten Blick erscheint es widersprüchlich, dass – einerseits – Kieselgur als Staub gefährlich, – andererseits – als reines Naturprodukt wegen seiner natürlichen Spurenelemente zur Nahrungsergänzung und als bestgeeignete kosmetische Gesichtsmaske empfohlen wird. Orale Einnahme von Kieselgur jedenfalls ist ungefährlich, allein das Einatmen des Staubes ist gefährdend. Alle Berufsgruppen, die lungengängigen Quarzstäuben ausgesetzt sind, unterliegen einem speziellen Krankheitsrisiko; als potenziell besonders gefährdet sind beispielsweise Erzebergleute, Tunnelbauer, Gussputzer, Sandstrahler und Ofenbauer zu nennen, weiterhin Personen, die bei der Stein-Gewinnung, -Be- und -Verarbeitung oder in grob- und feinkeramischen Betrieben beschäftigt sind sowie all diejenigen, die Kieselgur in der Filtration anwenden.

Das Tragen einer Staubmaske sollte beim Hantieren mit Kieselgur selbstverständlich sein! Die nachfolgenden Darlegungen sollen dies verdeutlichen.

### 5.3.2 Feste Partikel

Feste, einatembare Partikel werden auf Grund ihrer physikalischen und geometrischen Form unterschieden in

- 1. Stäube = dispers verteilte feste Partikel
- 2. Fasern = nadelförmige feste Partikel.

Ihre weitere Charakterisierung erfolgt nach der Partikelgröße anhand des so genannten aerodynamischen Durchmessers. Bekanntlich gelangt beim Atemvorgang einerseits Sauerstoff aus der Luft ins Blut, andererseits wird Kohlendioxid aus dem Blut in die Außenluft abgegeben. Dieser Austausch findet im reich durchbluteten Gewebe der so genannten Alveolen (Lungenbläschen) statt, wobei der Sauerstoff aus der Atemluft durch die Alveolenwand ins Blut diffundiert (Blut-Luft-Schranke); das überschüssige Kohlendioxid des Blutes nimmt den umgekehrten Weg. Im Rahmen des Atemvorgangs erreichen mit der Atemluft auch Stäube und Fasern als „blinde Passagiere“ in Abhängigkeit von ihrer Größe unterschiedliche Bereiche des Atemtraktes. Die feinsten Partikel – die allerdings nur einen kleinen Teil des atembaren Staubes darstellen – werden größtenteils wieder ausgeatmet. Größere Partikel setzen sich im Nasen-Kehlkopfbereich ab. Die lungengängigen Partikel erreichen den Bronchialbereich beziehungsweise als so genannter Feinstaub die Lungenbläschen. Für die Alltagspraxis haben sich folgende messtechnische Festlegungen und Unterteilungen bewährt und eingebürgert:

Gesamtstaub „G“: Anteil des Staubes, der bei einer Ansauggeschwindigkeit von 1,25 m/s erfasst wird. Diese Ansauggeschwindigkeit entspricht in etwa den Verhältnissen im Nasenbereich des Menschen. Auf Grund praktischer Erfahrungen fallen hierunter alle Partikel mit einem Durchmesser unter 50 nm. Insbesondere bei leichten organischen Stäuben können aber auch – in Abhängigkeit von Form und Dichte – Partikel bis 100 nm inhaliert werden.

Feinstaub „F“: Der Anteil des Gesamtstaubes, der die Alveolen erreicht. Partikel mit besonders kleinem Durchmesser ( $< 0,1 \mu\text{m}$ ) werden – wie oben schon gesagt – teilweise wieder ausgeatmet.

Grobstaub: nicht alveolengängige Fraktion des Gesamtstaubes. Auf Grund praktischer Erfahrungen gültig für Partikel mit einem Durchmesser größer als 5  $\mu\text{m}$ . Es handelt sich um den Anteil des Staubes, der sich bei Einatmung im Nasen-Rachen-Kehlkopfbereich sowie im Bronchialbereich absetzt.

Lungengängige Fasern sind Partikel, die definitionsgemäß kleiner als 100 nm, im Durchmesser geringer als 3 nm und durch ein Längen-Durchmesser-Verhältnis von  $> 3 : 1$  gekennzeichnet sind. Insbesondere dünne Fasern mit einem Durchmesser unter 1 nm können bis in die Alveolen vordringen und ein gesundheitsgefährdendes Potential entfalten.

Wie entstehen berufsbezogene staubbedingte Lungenerkrankungen?

Ein großer Teil der beruflich verursachten Krankheiten betrifft die Lunge. Insbesondere die so genannte „Staublunge“ im Bergbau und die Silikose, hervorgerufen durch Quarz und Feinsand, sind typisch und schwerwiegend. Obwohl die Stäube als solche nicht toxisch sind, kann die dauernde Staubkontamination der Atemluft gleichwohl durch langfristige Überlastung des Lungengewebes eine chronische Lungenschädigung bewirken. Die medizinische Wissenschaft erklärt das so: Luftröhre und Bronchien verfügen über eine Auskleidung ihrer Oberfläche mit Cilien (Flimmerhaaren), die in zielgerichteter Bewegung Schmutzpartikel rachenwärts zur Ausscheidung befördern und insofern bei Nichtrauchern einen wirkungsvollen Reinigungsmechanismus darstellen (bei Rauchern liegt die Flimmerhaarfunktion darnieder). Sehr hohe Staubkonzentration führt zu einer Reizwirkung (Verschleimung, Nies- oder Hustenreiz) als Warnzeichen.

Die Lungenbläschen selbst verfügen nicht über Flimmerhaare. Die Reinigung dieses funktionell äußerst wichtigen Lungenbereiches übernehmen die so genannten Makrophagen (Fresszellen), zu den weißen Blutkörperchen zählend und als solche Teil des körpereigenen Abwehrsystems (Immunsystem). Feinstaub wird – je nach seinen speziellen Eigenschaften – von den Makrophagen umhüllt und/oder eingeschlossen, aufgelöst und aus der Lunge abtransportiert. Werden die Staubpartikel innerhalb kurzer Zeit (einige Wochen) aufgelöst, so spricht man von einer geringen Biobeständigkeit. Derart eliminierte Stäube stellen zwar primär keine unmittelbare Gefahr für das Alveolensystem

dar, können aber nach Übertritt und Verteilung im Blut- und Lymphsystem unerwünschte Allgemeinwirkungen im Organismus (beispielsweise Vergiftungserscheinungen) entfalten. Können die Fresszellen den Feinstaub – und genau dies ist bei Kieselgur-Staub der Fall – nicht vernichten, so liegen biobeständige Partikel vor, die allenfalls durch einen aktiven Transport ins Zellinnere bzw. mittels Weiterleitung und Transportübernahme durch die Flimmerzellen oder durch das Lymphsystem eliminiert werden können.

Die Halbwertszeit dieser Reinigungssysteme ist lang (ca. zwei Monate), ihre Kapazität begrenzt. Dementsprechend kommt es bei zu starker Feinstaubbelastung unausweichlich zu einer Systemüberlastung (overload) mit der Folge dauerhaft in den Alveolen verbleibender Staubpartikel. Diese Überbleibsel – im Winzerberuf also Kieselgur –, aber auch das langfristige Einatmen von Kiesel-, Quarz- und Steinstaub, verursachen schlussendlich die Silikose (Staublung) als schwere, unheilbar chronisch verlaufende Lungenkrankung. Sie wird ausgelöst durch den in die Alveolen (Lungenbläschen) dauerhaft verbleibenden Staub und ist gekennzeichnet durch die dadurch ausgelöste fortschreitende Lungenfibrose (krankhafte Bindegewebsvermehrung, welche die winzigen Staubteilchen umnarbt, dabei aber gleichzeitig und unweigerlich die zum Gasaustausch lebensnotwendige Fläche der Lungenbläschen ummauert und reduziert. So verengen sich mit dem Fortschreiten der Erkrankung die Luftwege um die Lungenbläschen, das Lungengewebe verliert nach und nach seine natürliche Elastizität und wird schließlich zerstört. Die hörbaren Folgen sind zunächst erkältungsähnliche oder asthmaartige Symptome. Im weiteren Verlauf „wird die Luft knapp“, weil das Atemvolumen abnimmt.

Die Lunge kann nun den Organismus nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgen; auf Grund des Sauerstoffmangels steigert das Herz seine Pumpleistung ins Krankhafte und wird dadurch über kurz oder lang in Mitleidenschaft gezogen. Die Erkrankung zieht sich in der Regel über Jahre chronisch hin; zunächst kaum merklich, schreitet sie langsam, aber unaufhaltsam fort – selbst dann noch, wenn die Staubbelastung wegfällt.

Der Zeitraum zwischen der Staubeinwirkung und dem Auftreten einer Silikose beträgt circa 20 Jahre. Bisher gibt es keine ur-

sächlich wirksame Therapie dagegen. Voraussetzung für die Krankheitsentstehung ist demnach eine entsprechend lange und in hinreichender Konzentration erfolgende Einwirkung quarzhaltigen Staubes auf die Lunge. Nur an Arbeitsplätzen mit extremer Quarzstaubbelastung (beispielsweise beim Behauen von Steinen, beim Sandstrahlen, beim Sägen feuerfester Steine, bei der Produktion von Scheuerpulver und im Stollenbau) kann es innerhalb weniger Monate zu Früh- bzw. Akut-Formen der Silikose kommen. Überdies spielen bei der Krankheitsentstehung und beim Krankheitsverlauf die angestammte individuelle Krankheitsneigung, vorbestehende Herzfehler, Immunschwäche, Tabakkonsum, ferner das bei starker körperlicher Arbeit vergrößerte Atemvolumen eine modifizierende Rolle. Die Wirkung des Staubes hängt – abgesehen von der Partikelgröße – auch von dessen Gehalt an freier kristalliner Kieselsäure in der Kristallform als Quarz oder Cristobalit ab.

Laut Auskunft der zuständigen Berufsgenossenschaft gibt es bislang im Bereich der Wein ausbauenden Betriebe keine gemeldeten und/oder anerkannten Fälle von berufsbedingter Silikose durch Kieselgur-Exposition.

Gleichwohl: Aufklärung und Vorsorge sind unerlässlich! Die maximal am Arbeitsplatz zulässige Feinstaubkonzentration inerten Stäube darf  $6 \text{ mg/m}^3$  nicht überschreiten.

### 5.3.3 Welche krankmachenden Wirkungen haben faserhaltige Stäube?

Die Wirkung faserhaltiger Stäube unterscheidet sich nicht grundsätzlich, sondern nur auf Grund einiger spezifischer Eigenschaften faserförmiger Partikel von den Wirkungen des Feinstaubes. Bedenklich ist insbesondere deren Krebs erregendes Potenzial, das bestimmt wird von der Fasergeometrie, der Faserverweildauer in der Lunge, speziell in den Lungenbläschen (Alveolen) und der Faserkonzentration im Staub. Allgemein gilt, dass mit zunehmender Länge und abnehmendem Durchmesser der Fasern das Krebspotential ansteigt. Fasern, die länger als 100 nm oder einen Durchmesser von mehr als 3 nm haben, sind nicht alveolengängig und somit nicht potenziell kanzerogen. Als krebsauslösend gelten nach neueren Untersuchungen insbesondere Fasern zwischen 10 und 50 nm und – bei den kurzen Fasern – mit aus-

geprägt nadelförmiger Gestalt. Makrophagen vermögen – ähnlich wie Feinstaub – auch Fasern aus den Alveolen zu entfernen. Geschieht das innerhalb von längstens sechs Monaten, so besteht keine Krebsgefahr. Allerdings wird die Reinigungskapazität der Lunge sehr stark von der chemischen Struktur der Fasern bestimmt. Während beispielsweise manche Glaswollsorten bereits in weniger als zwölf Monaten größtenteils eliminiert sind, sind Asbestfasern abbauresistent bzw. absolut biobeständig. Analog der Überlegungen bezüglich der Feinstaubwirkung ist augenscheinlich, dass bei überhöhter Faserbelastung prinzipiell jede einzelne Faser zu einer Gefahr für die Lunge werden kann. Bedenkt man die vielerorts „natürliche“ Belastung durch Glasfasern, aus Sandstein oder durch Verbrennung nachwachsender Energiequellen (beispielsweise Holz), die mit 10 000 Fasern/m<sup>3</sup> einzuschätzen ist, so wird klar, dass die verbleibende Kapazität der körpereigenen Reinigungsmechanismen sehr begrenzt und dementsprechend das Risiko für ein „Overload“ der Lunge relativ hoch ist. Die Krebsentstehung in der silikatgeschädigten Lunge erklärt man sich als durch „maligne Fehlregeneration“ verursacht. Das heißt, dass die Silikatbelastung das Lungengewebe zu ständiger Bindegewebsneubildung veranlasst, und zwar solange, bis schlussendlich dessen normale Zell- Regenerationsfähigkeit sich erschöpft und die Zellteilungsvorgänge im Sinne einer bösartigen Entartung „aus dem Ruder laufen“.

#### 5.3.4 Lungenkrebsrisiko bei Quarzstaubexposition

Die wissenschaftlichen Expertengremien und Beraterkreise in der Bundesrepublik Deutschland führen zur Zeit eine intensive Diskussion um die gesundheitlichen Wirkungen von lungengängigen Quarzfeinstäuben, die nicht zuletzt durch eine Entscheidung der Internationalen Krebsforschungsagentur (IARC) neu entfacht wurde. Die IARC kam im Oktober 1996 im Rahmen einer Neubewertung von Quarzfeinstaub zu der Einschätzung, „kristalline Kieselsäure, die in der Form von Quarz oder Cristobalit aus beruflichen Quellen eingeatmet wird, als krebserzeugend beim Menschen“ anzusehen. Im engen Zusammenhang mit der Diskussion um eine mögliche lungenkrebser-

zeugende Wirkung von Quarzfeinstäuben beim Menschen steht auch die Frage der zulässigen Quarzfeinstaubexposition:

Der Grenzwert für die Quarzfeinstaubexposition beträgt in der Bundesrepublik Deutschland zur Zeit 0,15 mg/m<sup>3</sup>. Aus einigen Studien resultiert eine Dosis-Risiko-Beziehung zwischen der kumulativen Exposition gegenüber der alveolengängigen Masse an kristallinem SiO<sub>2</sub> und Lungenkrebs.

Die MAK-Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat sich (DFG) mit der Neubewertung der Wirkung von Quarzfeinstäuben beschäftigt, nachdem die letzte Bewertung von Quarz aus dem Jahre 1984 zum Ergebnis gekommen war, dass Quarz nicht krebserzeugend ist. Auf der Grundlage der Fülle der neuen Ergebnisse ist man nun allerdings der Auffassung, dass eine Neubewertung erforderlich ist. Diese hat lt. Begründungspapier Folgendes ergeben: „Aus den epidemiologischen Untersuchungen ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Quarzstaub-Exposition und einer erhöhten Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken. An der Ratte führte Quarz nach inhalativer und intratrachealer Applikation ebenfalls zur Entwicklung von Lungentumoren. Daher wird Quarz in die Kanzerogenitätskategorie 1 des Abschnittes III der MAK- und BAT-Werte-Liste eingestuft. „Die epidemiologischen Studien zeigen, dass die Lungenkrebshäufigkeit vor allem bei Arbeitern mit einer Silikose erhöht ist. Zur Reduzierung des Krebsrisikos ist daher in erster Linie auf eine Verhinderung der Silikose zu achten. Die MAK-Kommission hat diese für Quarzfeinstaub bedeutsame Neueinstufung vorgenommen, obwohl sie gleichzeitig darauf hinweist, dass der Wirkungsmechanismus von Quarzfeinstaub noch nicht hinreichend bekannt ist. Insofern ist aus den epidemiologischen Daten die Frage, ob Quarz direkt sowohl die Silikose als auch das Lungenkarzinom verursacht, oder ob Quarz direkt nur die Silikose, aber nicht den Lungenkrebs verursacht, zur Zeit nicht zu beantworten. Immerhin wird jedoch der Hinweis gegeben, dass die Silikose z. B. die Selbstreinigungsfunktion der Lunge beeinträchtigt, wodurch möglicherweise andere Schadstoffe die Entwicklung eines Lungenkarzinoms erleichtern. Quarz ist nicht gleich Quarz. Die MAK-Kommission weist darauf hin, dass unterschiedliche Quarzarten bei den Tierversuchen bei Ratten stark unterschiedliche Ergebnisse erbracht haben. Dass die Silikose

offensichtlich die entscheidende Rolle spielt, wird deutlich, in dem die Experten bescheinigen, die Diagnose einer Silikose sei als Marker für hohe Exposition gegenüber Quarzstaub anzusehen. Das relative Lungenkrebsrisiko für quarzexponierte Arbeiter mit einer Silikose ist zwischen zwei und zweieinhalbfach höher als bei Quarzexponierten ohne Silikose. Auffällig ist, dass sich die MAK-Kommission entschieden hat, von der ehemals gewählten Nomenklatur „Quarz-Feinstaub und quarzhaltiger Feinstaub“ abzugehen und bei der neuen Einstufung nur noch von „Siliziumdioxid, Kristallin-Quarz, Cristobalit, Tridymit“ zu sprechen. Aus Sicht der Praxis ist diese scheinbar unbedeutende Änderung insofern bedauerlich, weil damit die Diskussion auf Quarz jeder Korngröße ausgeweitet wird, obwohl völlig unbestritten ist, dass gesundheitliche Wirkungen ausschließlich von den Feinstaubpartikeln verursacht werden können.

Dementsprechend ist bei der Silikose- und Staub- und Faserkrebsbekämpfung der Lunge das Hauptgewicht auf die Expositionsprophylaxe zu legen ohne jedoch quarzhaltige Materialien, Rohstoffe und Produkte insgesamt zu verdammen. Im einzelnen bedeutet dies, auf die Kieselgur-Anwendung bezogen: – Optimierung der Gewinnungs- und Produktionstechnik (Staubreduzierung, Staubabsaugung, Maschinenkapselung) – Raumbelüftung – exakte Nutzung persönlicher optimierter Schutzausrüstung – Förderung der arbeitsmedizinischen Vorsorge zur Früherkennung gesundheitlicher Schäden. Folgende Luftgrenzwerte (allgemeiner Staubgrenzwert) sind aktuell zu beachten: Laut Bundesarbeitsblatt 9/2001 3 mg/m<sup>3</sup> für die Staubfraktion „A“, 6 mg/m<sup>3</sup> für bestimmte Ausnahmehbereiche 10 mg/m<sup>3</sup> für die Staubfraktion „E“. Diese Werte sind in jedem Fall in Ergänzung stoffspezifischer Luftgrenzwerte einzuhalten. Auch dann ist mit einer Gesundheitsgefährdung nur dann nicht zu rechnen, wenn nach einschlägiger Überprüfung sicher gestellt ist, dass mutagene, Krebs erzeugende, fibrogene, toxische oder allergisierende Wirkungen des Staubes nicht zu erwarten sind.

### 5.3.5 Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Wert)

Nach den Bestimmungen des Technischen Regelwerkes des Ausschusses für Gefahren-

stoffe TRGS 900 (Luftgrenzwerte) MAK: 0,15 mg/m<sup>3</sup>. Quarz ( einschließlich Cristobalit und Tridymit) ist beim Menschen als silikoseerzeugender Stoff bekannt. Hierfür wird ein Luftgrenzwert von 0,15 mg/m<sup>3</sup> (Feinstaub) angegeben. Neben diesem Luftgrenzwert ist generell die Feinstaubkonzentration von 6 mg/m<sup>3</sup> einzuhalten.

Der Ausschuss für Gefahrenstoffe (AGS) hat Kieselgur nicht in das Technische Regelwerk TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe aufgenommen. Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen, hygienischen sowie arbeitswissenschaftlichen Anforderungen an Gefahrstoffe hinsichtlich Inverkehrbringen und Umgang wieder. Sie werden vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst. Die TRGS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (BMA) im Bundesarbeitsblatt (BarbBl) bekannt gegeben. Als Regelwerk enthalten die TRGS Ausführungsbestimmungen bei der Anwendung von Gefahrstoffen zum Vollzug der Gefahrstoffverordnung. Der Untersuchungsausschuss V „Luftgrenzwerte“ (UA V) des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS) beabsichtigt, für Quarz (alveolengängige Fraktion) einen neuen Luftgrenzwert aufzustellen.

Orientierende Messungen der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten in den Arbeitsbereichen ausgewählter Brauereien haben gezeigt, dass bei der manuellen Handhabung von Kieselguren, selbst unter worst-case-Bedingungen (Messungen nur während der Expositionsspitzen im Emissionsbereich), die derzeit gültigen Luftgrenzwerte für Quarz und Cristobalit sowie für amorphe Kieselsäuren deutlich unterschritten werden.

## 6 Filtrationsversuche

### 6.1 Filtrationseinflüsse auf Inhaltsstoffe und die Sensorik des Weines

Die Filtration dient dazu, Trubstoffe abzutrennen. Dabei sollen die Geschmacksbeeinflussung des Weines durch das Filterhilfsmittel und eine Veränderung der wertgebenden Inhaltsstoffe so gering als möglich ausfallen (Tab. 18).

Tab. 18: Filtrationen und ungefähre Porengröße

Filtration	Porengröße ( $\mu\text{m}$ ) oder Molekulargewicht (Dalton) der zurückgehaltenen Moleküle
Grobfiltration Schichtenfiltration K700-K900	6,0–8,0 $\mu\text{m}$
Feinfiltration Schichtenfiltration K100-K300	1,5–5,0 $\mu\text{m}$
Entkeimungsfiltration Schichtenfiltration EK	ca. 0,4 $\mu\text{m}$
Entkeimungsfiltration Schichtenfiltration EKS	ca. 0,2 $\mu\text{m}$
Crossflow Filtration	ca. 0,1 $\mu\text{m}$ oder 200 000–500 000
Ultrafiltration	1 000–200 000
Gerbstoffentfernung	10 000–200 000
Eiweißentfernung	10 000–40 000
Farbstoffentfernung	1 000–5 000
Nanofiltration	200–1 000
Umkehrosiose	
Entfernung flüchtiger Säure	100–200
Alkohol Abtrennung	
Mostkonzentrierung	

Bei der Anschwemmfiltration werden Trubpartikel mittels zweier unterschiedlicher Verfahren zurückgehalten:

- Siebfiltration  
Alle Partikel, welche größer als die Öffnungen der durchlässigen Schicht sind, bilden auf der Oberfläche der Unterlage einen Kuchen. Die Effektivität der Trubabtrennung richtet sich nach der Durchlässigkeit und Porengröße des Filtermediums.
- Adsorption und Zeta-Potenzial  
Der zweite Filtrationsmechanismus beruht auf dem so genannten Zeta-Potenzial. Das Zeta-Potenzial entsteht durch ungleiche Ladungsverteilung auf der Oberfläche von Teilchen und Fasern, wenn sie von Flüssigkeiten durchströmt werden. Beim Durchströmen entwickeln sich Anziehungskräfte zwischen der Oberfläche der Fasern des Filterhilfsmittels und den Partikeln (Kolloide) der umgebenden Flüssigkeit. Diese Anziehungskräfte bewirken, dass Partikel zurückgehalten werden, die kleiner als die Poren des Filterhilfsmittels sind: Kleine geladene Partikel werden angezogen und festgehalten während die Flüssigkeit an der Oberfläche entlang fließt. Daraus ergeben sich folgende Eigenschaften für das Zeta-Potential: es ist endlich, seine Intensität sinkt mit steigender Strömungsgeschwindigkeit. Nach Ladungsausgleich erfolgt keine weitere Anlagerung an das Filterhilfsmittel. Bei allzu geringer Strömungsgeschwindigkeit

kann es zu einer Abgabe von Teilchen kommen.

Cellulose hat bei den für Wein typischen pH-Werten eine positive Ladung: Demzufolge können Stickstoffverbindungen wie Ammonium, kationische Aminosäuren und Eiweiße angelagert werden.

Unter weinspezifischen pH-Werten von 2,8–4,1 unterliegen Kieselgur und Perlite einer geringen Schwankungsbreite mit negativer Oberflächenladung.

Die Filtration mit der Klärschärfe, wie sie zur Entfernung von Hefen und Bakterien notwendig ist, greift nicht in den Bereich der wertgebende Inhaltsstoffe ein. Nur über Ultrafiltration, Nanofiltration und Umkehrosiose können selektiv spezifische Weinhaltstoffe entfernt werden. Über den Vorgang der Adsorption werden auch wertgebende Inhaltsstoffe zurück gehalten. Augenscheinlich ist dieser Effekt bei der Schichtenfiltration, wenn die ersten Liter Rotwein, die den Filter durchfließen, deutlich entfärbt erscheinen. SECKLER(1976) zeigte bei einem Rotwein, dass das Farbgleichgewicht nach ungefähr 66 Liter Durchflussmenge pro  $\text{m}^2$  Filterschicht erreicht wurde.

Vor diesem Hintergrund ist prinzipiell davon auszugehen, dass es auch zu einer Anlagerung Wert gebender Inhaltsstoffe des Weines an die Filterhilfsmittel kommen kann.

Daraus ergeben sich zwei Fragestellungen:

1. Kommt es im praktischen Einsatz mit den relativen geringen Gaben an Filterhilfsmitteln (1 kg/1 000 l) zu einer messbaren Beeinflussung der Weininhaltsstoffe?
2. Wie unterscheiden sich Perlite, Cellulose und Kieselgur in ihrem Vermögen, Wertgebende Inhaltsstoffe während der Filtration zu binden?

Nach Untersuchungen von M. SERRANO und M. PAETZOLD bei der Filtration von Rotwein haben nur sehr feine Kieselguren (0,06 und 0,04 Darcy) einen erwähnenswerten Einfluss auf die Weininhaltsstoffe. Bei der Filtration von Rotwein führten Sie zu einer Reduzierung der Anthocyane und Tannine um etwa 10 %. Außerdem vermindern sie in geringem Maße die kondensierten Tannine sowie die an Polysacchariden gebundenen Tannine.

Bei der Filtration von Weißwein mit feiner Kieselgur (0,35 Darcy) sinkt der Gehalt des Filtrates an Polysacchariden und flüchtigen Fettsäuren, wie bei Rotwein um 10 %; alle anderen Weinbestandteile waren wenig oder gar nicht betroffen. Bei aromareichen Muskat-Weinen zeigte sich, dass feine Kieselgur mit geringer Durchlässigkeit den Terpenegehalt nur gering beeinflusst, allein der Geraniolgehalt verminderte sich um 10 %.

Die genannten Autoren kamen zu dem Schluss, dass sich nach korrekter Anschwemmfiltration unter Verwendung qualitativ einwandfreier Filterhilfsmittel – und obgleich sich im Gefolge des Einsatzes feiner

Kieselgur signifikante Änderungen der Weinchemie nachweisen lassen – bei Verkostung nach einmonatiger Lagerung keine sensorische Beeinflussung feststellen lässt. Sie stellen aber darüber hinaus in den Raum, dass eine Vielzahl anderer Filtrationsverfahren, wie sie heute noch im Schwange sind, in der Summe der Effekte durchaus zu sensorisch signifikanten Veränderungen führen könnten.

An der DLR-Rheinpfalz wurden in diesem Zusammenhang im Fachbereich Weinbau und Oenologie weitere ergänzende Untersuchungen zur Fragestellung möglicher Filtrationseinflüsse auf die Sensorik des Wein und der Weininhaltsstoffe durchgeführt.

## 6.2 Analytischer und sensorischer Vergleich von Filtrationsverfahren

### 6.2.1 Roséwein

Ein Rosé wurde nach Gärung und dreimonatiger Feinhefe-Lagerung unter Versuchsbedingungen filtriert und abgefüllt. Folgende Varianten geprüft bzw. verglichen (Tab. 19):

1. Kontrolle – Unfiltriert
2. Kieselgurfiltration mit brauner Kieselgur (Seitz extra)
3. Schichtenfiltration (K700 mit anschließender EK Schichtenfiltration)
4. Crossflowfiltration (Romicon-Filter)

Tab. 19: Filtrationsverfahren Vergleich von analytischen Werten eines 2001 Roséweines

		Kontrolle	Kieselgur; Crossflow; K700; EK	K 700; EK	Cross Flow	Kieselgur- filtration
ges. Alkohol.	g/l	104,9	104,9	104,7	104,8	104,8
vorh. Alkohol.	g/l	103,0	103,0	102,8	102,9	102,9
Glucose	g/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Restzucker	g/l	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
ges. Extrakt	g/l	26,6	26,6	26,5	26,6	26,6
zfr. Extrakt	g/l	22,6	22,6	22,5	22,6	22,6
freie SO <sub>2</sub>	mg/l	31	31	33	31	31
ges. SO <sub>2</sub>	mg/l	166	166	167	165	166
ges. Säure	g/l	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	0,9933	0,9933	0,9933	0,9933	0,9933
Kohlensäure	mg/l	93	0	93	92	46
Farbe 420 nm		0,446	0,313	0,341	0,318	0,383
Farbe 520nm		0,521	0,398	0,413	0,403	0,464
Trübung	NTU	26	1,3	1,6	1,7	4,4
Gesamt Kolloide	mg/l	320	332	337	300	336

##### 5. Alle drei Filtrationsverfahren in einer Variante (d. h. mit Kieselgurfiltration und anschließender Schichtenfiltration und Crossflowfiltration)

Die Parameter Alkohol, Zucker, Extrakt, SO<sub>2</sub>, Säure und Dichte wurden durch die Filtration nicht beeinflusst (d. h. die Abweichungen liegen im Bereich des analytischen Fehlers). Unterschiede des Gehaltes an Kohlensäure ergaben sich aus der Versuchsdurchführung im 250-Liter-Maßstab, wobei es im Rahmen dieser Versuchsreihe bei der Versuchsvariante „alle drei Filtrationsverfahren“ zu CO<sub>2</sub>-Entbindung kam.

Bei der blauen und roten Farbe lag zwischen ungefilterter Kontrolle und filtrierten Varianten ein Farbunterschied vor, der nicht nur analytisch, sondern auch optisch zu Tage trat.

Die nur mit Kieselgur filtrierte Variante zeigte den höchsten Farbschwund. Da diese Messung auch durch den Trubgehalt beeinflusst wird, wurde dieser Versuch im Labormaßstab überprüft, um die Farbabsorption durch die Filterhilfsmittel exakt bestimmen zu können.

Vor der Filtration wies unser Wein eine relativ geringe Trübung auf. Der Einsatz brauner Gur bei der Kieselgurfiltration war nicht ganz ausreichend, um die Trübung auf das Niveau der anderen Filtrationsverfahren herabzusetzen. Werte unter 2 NTU werden International als blank definiert. Diese Beobachtung deckt sich mit langjährigen Erfahrungen, wonach eine Kieselgurfiltration mit brauner Kieselgur und der damit maximal möglichen Klärschärfe nicht ganz an die Filtrationsverfahren Crossflowfiltration und EK heranreicht. Das wird durch unsere Ergebnisse nochmals bestätigt.

Kolloide setzen sich zusammen aus Polysacchariden, Pektinen und Proteinen. Im Wein liegt Kolloidgehalt zwischen 300 und 700 mg/l. Besonders der Anteil an Polysacchariden wird angeführt, wenn es um das „positive Mundgefühl“ von Weinen geht. Unsere Kolloidbestimmung erfolgte durch Gelfiltration an zwei in Serie geschalteten Pharmacia-Fast-Flow-Säulen (Detektion Bestimmung des Brechungsindex und externe Quantifizierung mit Eichsubstanzen). Die Methode hat eine Streuung von 3 % (DIETRICH/ZIMMER, Die Kolloidbestimmung von Weinen – ein Methodenvergleich. Weinwissenschaft 44, 1989, 13-19). Die Unterschiede der Kolloidmengen zwischen den Versuchsvarianten lagen im Bereich des analyti-

schen Fehlers. Es ergaben sich keine quantifizierbaren Unterschiede zwischen den verschiedenen Filtraten, ersichtlich auch daran, dass die allein mittels Crossflow filtrierte Variante einen geringeren Kolloidgehalt aufweist als die Spielart „alle drei Filtrationsverfahren in einer Variante“. Damit konnte in diesem Versuch widerlegt werden, dass es durch die Filtration zu einer Reduzierung von Kolloiden bzw. geschmacksrelevanter Polysaccharide in nachweisbaren Mengen kommt. Auch eine additive Aufschaukelung derartiger Effekte durch mehrere hintereinander geschaltete Verfahren konnte in der Versuchsvariante „alle drei Filtrationsverfahren“ nicht nachgewiesen werden.

##### **Sensorische Untersuchung im Anschluss an den „Filtrationsversuch 1“**

Ausschlaggebender Maßstab und wichtiger als alle analytischen Parameter ist der mögliche Einfluss der Filtration auf die sensorischen Eigenschaften des Weines.

Um einen möglichen Einfluss der Filtration auf die Sensorik zu objektivieren, wurden alle fünf Varianten durch einen Dreieckstest (Triangeltest) auf ihre Unterscheidbarkeit hin untersucht. Im Dreieckstest werden den Testpersonen drei Proben zum Geschmackstest gegeben; zwei davon sind gleich, eine ist unterschiedlich. Versuchsziel ist es, mit signifikanter statistischer Genauigkeit die Unterschiede in den Proben herauszufinden (Tab. 20).

Die Kontrolle zeigte – wie oben ausgeführt – eine leichte Trübung, obwohl für den Dreieckstest zwischen Kieselgurfiltration und Kontrolle schwarze Gläser verwendet worden waren, um eine Beeinflussung durch optische Einflüsse auszuschließen. Gleichwohl wurde die Kontrollprobe schwach signifikant erkannt (Tab. 21).

Der Versuch brachte somit insgesamt keine einheitliche Aussage, nur in Einzelfällen konnte ein schwaches Signifikanzniveau festgestellt werden. Andererseits konnte anlässlich beider Verkostungstermine der kieselgurfiltrierte Wein nicht von dem Wein unterschieden werden, der mit einer Kombination aller Filtrationsverfahren (Kieselgur + Schichtenfiltration + Crossflow) geklärt worden war.

Tab. 20: Ergebnisse Dreieckstest Probetermin eine Woche nach der Füllung

Versuchsvariante	Versuchsvariante	Tester (n)	Richtige Antworten	Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit)
Kieselgur	Crossflow	17	9	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Schichtenfiltration	17	9	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Kontrolle	17	10	schwach signifikant
Kieselgur	Kieselgur + Schichtenfiltration + Crossflow	17	9	nicht signifikant (ns)

Tab. 21: Ergebnisse Dreieckstest Probetermin neun Monate nach der Füllung

Versuchsvariante	Versuchsvariante	Tester (n)	Richtige Antworten	Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit)
Kieselgur	Crossflow	14	9	schwach signifikant
Kieselgur	Kieselgur + Schichtenfiltration + Crossflow	32	15	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Kontrolle	17	10	schwach signifikant

## 6.2.2 Rotwein

Zur weiteren Beurteilung wurde ein zweiter Filtrationsversuch zusätzlich mit Cellulose als Filterhilfsmittel vorgenommen. Ein Rotwein wurde nach Maischegärung und neunmonatiger Feinhefe-Lagerung unter Versuchsbedingungen filtriert und abgefüllt. Folgende Varianten geprüft bzw. verglichen (Abb. 10, Tab. 22):

1. Kieselgurfiltration mit brauner Kieselgur (Seitz extra)
2. Schichtenfiltration (K700 mit anschließender EK Schichtenfiltration)



Abb. 10: Externe Restfiltration zur Filtration von Kleinmengen

Tab. 22: Filtrationsverfahren Vergleich von analytischen Werten – 2002 Rotwein

	Kieselgur	Schichtenfilter K 100 und EK	Zellulose, grob	Zellulose + EK + Cross Flow	Cross Flow
ges. Alkohol. g/l	99,8	100,7	100,2	99,5	100,3
vorh. Alkohol. g/l	100,7	101,6	101,1	100,3	101,1
Zucker g/l	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6
ges. Extrakt g/l	24,0	24,2	24,1	23,6	23,7
zfr. Extrakt g/l	22,1	22,3	22,2	21,9	22,1
freie SO <sub>2</sub> mg/l	45	45	45	45	46
ges. SO <sub>2</sub> mg/l	93	96	99	95	94
ges. Säure g/l	5,5	5,6	5,5	5,5	5,5
Dichte g/cm <sup>3</sup>	0,99276	0,99272	0,99275	0,99265	0,99255
Trübung NTU	1,06	0,48	2,9	0,96	0,73
Farbe 420 nm	3,1516	2,7313	2,8883	3,2106	2,6946
Farbe 520 nm	4,1959	3,7147	3,9013	4,1955	3,6214
Farbe 620 nm	1,2238	0,8981	0,9721	1,3298	0,8762
Gesamt Phenole g/l	1 423	1 402	1 390	1 378	1 445

3. Zellulose grob
4. Zellulose fein
5. Crossflowfiltration (Romicon -Filter)
6. Alle drei Filtrationsverfahren in einer Variante (d. h. mit Zellulosefiltration und anschließender Schichtenfiltration und Crossflowfiltration)

Auch der zweite Versuch bestätigte, dass die Parameter einer Qualitätsweinanalyse bei weitem nicht ausreichen, um mögliche Unterschiede zwischen den Filtrationsverfahren zu objektivieren (Tab. 23).

Die Zellulose fein wurde zum ersten Verkostungstermin schwach signifikant erkannt. Dieser Wein wurde eine Woche nach den anderen Versuchsvarianten mit 10 mg/l mehr freier  $\text{SO}_2$  gefüllt (Tab. 24).

Die Zellulose fein wurde zum zweiten Verkostungstermin nicht signifikant erkannt.

Aus den vier Verkostungen wird ersichtlich, dass die geprüften Filtrationsverfahren die sensorischen Eigenschaften des Weines nicht nachweislich zu beeinflussen vermögen.

### 6.3 Modellversuche Filtration

In weitergehenden Modellversuchen wurde untersucht, wie Weininhaltsstoffe durch Filtration verändert werden.

Schichten bestehen ungefähr zur Hälfte jeweils aus Zellulose und Kieselgur sowie zu einem geringen Anteil aus einem polymeren Harz als Bindemittel. Untersucht wurde deshalb, ob Zellulose und Kieselgur für diese Entfärbung zuständig sind und welche quantitativen Veränderungen von Weininhaltsstoffen dabei stattfinden.

Die im Gefolge der von uns untersuchten unterschiedlichen Filtrationsverfahren gemessenen Farb- und Gerbstoffwerte waren geringer als die Messtoleranzen, wenn wir die Durchschnittsproben der filtrierten Weine untersuchten.

Ein Modellversuch war notwendig: In ihm wurden jeweils 1 g Filterhilfsmittel, Zellulose und Kieselgur eingewogen, der durchfließende Wein in 10 ml-Fractionen unterteilt und untersucht. Dabei konnten Strömungsgeschwindigkeiten und ihre Auswirkungen auf das Zeta-Potenzial nicht berücksichtigt werden.

Es zeigte sich, dass Kieselgur fast vollständig inert ist mit einem Rückhaltevermögen nahe null. Zellulose bindet im Vergleich zu Kieselgur größere Mengen Inhaltsstoffe an sich. Bei einer Menge von 1 g/l Zellulose als Filterhilfsmittel liegt eine Rückhaltung von Myricetin von 7,21 % vor, alle anderen untersuchten Parameter liegen zum Teil deutlich unter 1 % (Abb. Tab. 11).

Tab. 23: Ergebnisse Dreieckstest Probetermin 1 Woche nach der Füllung

Versuchsvariante	Versuchsvariante	Tester (n)	Richtige Antworten	Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit)
Kieselgur	Crossflow	21	9	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Schichtenfiltration	21	6	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Zellulose grob	21	6	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Zellulose fein	21	12	schwach signifikant
Kieselgur	Kieselgur + Schichtenfiltration + Crossflow	21	9	nicht signifikant (ns)

Tab. 24: Ergebnisse Dreieckstest Probetermin neun Monate nach der Füllung

Versuchsvariante	Versuchsvariante	Tester (n)	Richtige Antworten	Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit)
Kieselgur	Crossflow	17	4	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Schichtenfiltration	17	9	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Zellulose grob	17	7	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Zellulose fein	17	5	nicht signifikant (ns)
Kieselgur	Kieselgur + Schichtenfiltration + Crossflow	17	8	nicht signifikant (ns)

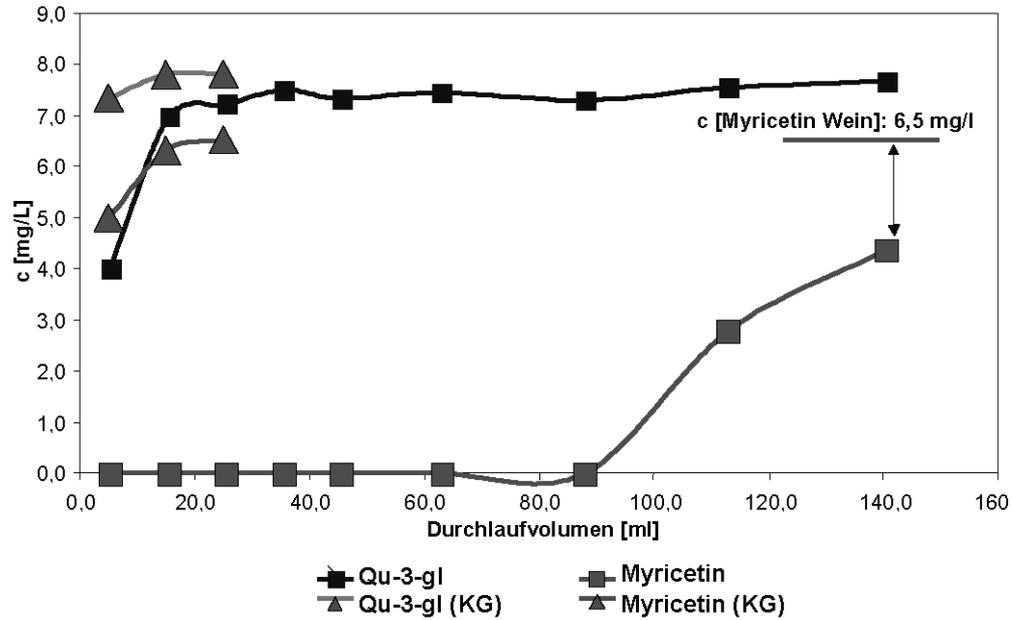


Abb. 11: Absorptionsraten von Kieselgur und Zellulose

Zellulose hat bei allen untersuchten Parametern eine höhere Absorptionsrate als Kieselgur. Absorptionsabsättigung war nach schon 20 ml erreicht; allein Myricetin benötigte eine längere Dauer zur Absättigung. Dieser Modellversuch bestätigt und quantifiziert

die Versuche von Seckler zur Absättigung der Farbe bei Filterschichten.

Die durch unsere Versuche zweifelsfrei objektivierete Verminderung der Weinhaltsstoffe liegt aber deutlich unter sensorisch wahrnehmbaren Werten (Abb. 12).

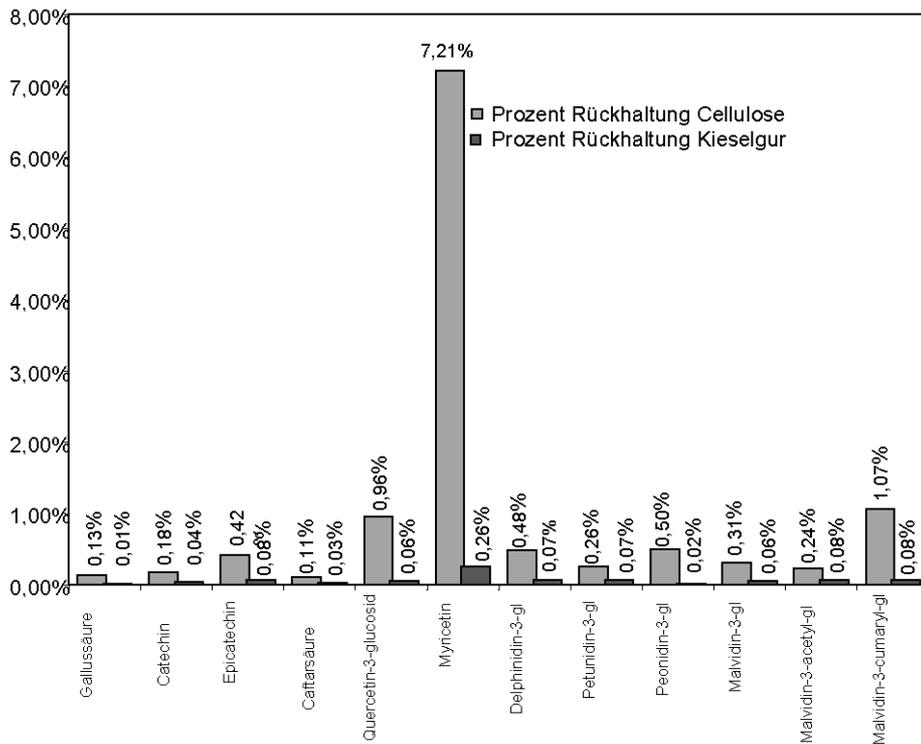


Abb. 12: Rückhaltung ausgewählter Gerbstoffe und Farbstoffe durch Kieselgur und Zellulose (Einsatz von 1 g/l)

#### 6.4 Einfluss der Lagerung auf die Filterhilfsmittel

Grundsätzlich sind alle Filterhilfsmittel (Kieselgur, Perlite, Zellulose) gut verschlossen und trocken zu lagern. Die Lagerstabilität beträgt mindestens fünf Jahre. Angebrochene Gebinde sind nach Produkte Entnahme wieder zu verschließen. Firmenseitige Kontaminationen sind bei Qualitätsherstellern sehr unwahrscheinlich.

Beim Herstellungsvorgang der Filterhilfsmittel werden Mikroorganismen zuverlässig abgetötet. Durch die Verarbeitung, das Abpacken und den Transport sind Verunreinigungen nicht von vornherein auszuschließen. Aus umfangreichen Untersuchungen von Radler ergibt sich, „dass in der Regel der Keimgehalt der Filterstoffe Kieselgur und Perlite gering sein dürfte.“ Bezüglich Zellulose gibt es unseres Wissens bisher nur herstellerseitige Angaben, die in die gleiche Richtung deuten. Andererseits stellt Zellulose ein organisches Material dar und dürfte als solches durch mikrobiologische Sekundärkontamination angreifbar sein.

Immer wieder ist die Rede von sensorische Veränderungen des Weines durch unsachgerechte Lagerung der Filterhilfsmittel im Handel und Winzerbetrieb. Filterhilfsmittel werden verantwortlich gemacht für nachteilige sensorische Veränderungen des gefilterten Weines. Ihnen wird angelastet, während der Lagerung aufdringliche Gerüche anzunehmen und diese bei der Filtration abzugeben.

Diese Fragestellung wurde durch uns in einem Laborversuch bearbeitet: Im Exsikkator (luftdichter Glasbehälter) wurde konzentrierte 2,4-6-Trichloranisol-Lösung (TCA) eingefüllt und darüber Kieselgur, Perlite und Cellulose für 14 Tage trocken gelagert. 2,4-6-Trichloranisol ist für den „Korkton“ von Weinen verantwortlich und sowohl analytisch als auch sensorisch in geringsten Konzentrationen nachweis- und wahrnehmbar. Deswegen wurde es im Versuch eingesetzt.

Die Konzentration der im Versuch verwendeten TCA-Lösung lag bei 2,5 mg/l. Diese 2,5 mg/l TCA entsprechen einer Konzentration, die 1 000-fach über dem wahrnehmbaren Schwellenwert liegt. Eine solche Konzentration ist in Weinkellern nie anzutreffen, insofern simulierte unsere Versuchsanordnung Extrembedingungen. Nach der Lagerung wurde 1 g/l Filterhilfsmittel in den Wein eingewogen und für sieben Tage darin

belassen. Anschließend wurde mittels Gaschromatograph der TCA-Gehalt des so behandelten Weines bestimmt. Die analytische Bestimmung des 2,4-6-Trichloranisols erfolgte in Anlehnung an die von Fischer und Fischer im Journal of Agricultural and Food Chemistry (45 (1997) S. 1995-1997) veröffentlichte Methode mittels SPME-GC-MS. Von jedem der untersuchten Weine wurden 5 ml entnommen, mit dem internen Standard 2,3,6-Trichloranisol versetzt, mit einer SPME-Faser extrahiert und mittels GC-ECD analysiert. Die Quantifizierung erfolgt über eine externe Kalibrierung. Unter solchen Versuchsbedingungen ist die Abgabemöglichkeit von TCA sehr viel stärker als bei einer Filtration, wo der Wein allenfalls mehrere Stunden mit dem Filterhilfsmittel in Berührung kommt. Folgende TCA-Werte wurden im Wein ermittelt (Tab. 25):

Tab. 25: Geschmackliche Beeinflussung durch Lagerung der Filterhilfsmittel

Filterhilfsmittel	TCA-Gehalt im Wein nach 7 Tagen und Einwaage von 1 g/l
Cellulose	2,6 ng/l
Kieselgur	< 0,5 ng/l
Perlite	< 0,5 ng/l

Der sensorisch wahrnehmbare Schwellenwert für TCA liegt zwischen 3–12 ng/l (je nach Weinmatrix); wurde von der Cellulose nur knapp unterschritten. Die TCA-Werte von Kieselgur und Perlite liegen unterhalb der Nachweisgrenze. Bei Zellulose kam es zu einer signifikant vermehrten Kontamination durch TCA, gegenüber Kieselgur und Perlite. Dies bestätigt die insgesamt höhere Absorptionskapazität von Zellulose, wie Sie auch im Modellversuch bezüglich der Farb- und Gerbstoffe zum Ausdruck kam. Die Differenz ist auch dann relevant, wenn man verringerte Dosagemengen der Zellulose berücksichtigt.

Gleichwohl zeigt sich, dass eine Kontamination des Weines durch Filterhilfsstoffe mit extrem nachteiligen Gerüchen oder Kontaminationen – wie beispielsweise TCA – selbst unter Extrembedingungen höchst unwahrscheinlich ist.

Die geringen Einsatzmengen und die geringe Absorptionskapazität der von uns geprüften Filterhilfsstoffe machen es sehr unwahrscheinlich, dass die Lagerung der Filterhilfsstoffe Weine merkbar in nachteiliger Weise sensorisch beeinflussen kann.

## 7 Weinklärung in der Antike und Entwicklung der Filtration in der Neuzeit

Die Selbstklärung von Wein erfolgt nur langsam, meist und dies galt auch in der Vergangenheit zu langsam für den angestrebten Vermarktungszeitraum. Klarheit galt von jeher als unverzichtbare Eigenschaft des Weines. Die Klärung der Weine erfolgt durch Schönungen und nachfolgendes Abziehen des Weines vom Trubdepot. Die Klärschönung der Römer bestand aus dem Eiweiß von Taubeneiern und Sand. Bereits um 2500 v. Chr. beschleunigten die Ägypter die Klärung mit einem einfachen Tuchfilter. Eine wesentliche Entwicklung ist bis zur Mitte des 19. Jahrhundert nicht zu beobachten. Es kam zu Anwendung von Sackfilter, Filterbeutel oder Tuchfilter als Trubfilter für die Aufbereitung von Hefe. Von einer Weinfiltration kann nicht gesprochen werden (Tab. 26).

Erst mit der in Deutschland um 1840 beginnenden industriellen Revolution kam es im Bereich der Weinbereitung zu enormen Innovationen, bedingt durch die bessere Verfügbarkeit von Filterhilfsmittel und Metallen unterstützt durch die Entwicklung des Transportwesens. Die Entwicklung von Pumpen erlaubte die Weinbewegung größerer Mengen und durch Druckaufbau eine zügige Filtration.

Besonders wichtig für die Weinqualität erwies sich die Filtration bei Weißweinen, und es kam deshalb besonders in Deutschland zu einer schnellen Verbreitung der Filtration.

Schnell erkannte man, dass besonders Weißweine von einer schnelleren Klärung profitieren. Bis dahin existierten fast ausnahmslos nur durchgegorene Weine, für welche – durch die bis dahin zur Klärung notwendigen lange Lagerung – Oxidation, Firne, und Petrolton geschmacklich prägend waren. Es ist davon auszugehen, dass in der Zeit bis zur ersten Entwicklung der Filtration mit der industriellen Revolution, abgesehen von Beeren-, Trockenbeerenauslesen und Eisweinen, nahezu alle Weine, auch die Weißweine, vollständig durchgegoren waren und einen biologischen Säureabbau durchlaufen hatten. Mikrobiologische Stabilisierung wurde durch eine mindestens 2–3-jährige Fasslagerung erreicht. Bis ins 18. Jahrhundert hinein war eine Fasslagerung von bis zu zehn Jahren üblich. Zeitgenössische Autoren berichten um 1900, dass die neuen „jungen“ Weine den Ansprüchen der Konsumenten entsprechen.

In der Folge war es dann auch möglich, die bei Weißweinen schon immer geschätzte Restsüße mit zunehmender Sicherheit zu konservieren. Die Beherrschung der Sterilfiltration trug maßgeblich zum Welterfolg der restsüßen Liebfrauenmilch in den 60er und 70er Jahren bei.

Erst ab 1865 wird von „Weinklärapparaten“ und Pumpen berichtet. Es handelte sich immer noch um Sackfilter, in die der Wein eingegossen wurde und dabei stark mit Luft in Berührung kam. Die Leistung wurde je nach Wein mit 2–10 Eimern pro Tag angegeben. 1872 wird in der Zeitschrift die Weinlaube eine der ersten Anschwemmfiltrationen empfohlen. Dazu wird bestes

schwedisches Druckpapier zur Bereitung eines Papierbreies verwendet, welcher in Flanellsäcke geschüttet wurde, solange bis die Flüssigkeit klar abließ. 1883 wird, in der 1. Auflage des Handbuchs des Weinbaues von Babo und Mach, eine Mischung von schwedischem Filterpapier, Quarzsand, Milch, die beim Gerinnen dichtet und fein gemahlener Holzkohle als Filterhilfsmittel zwischen zwei durchlöchernten Sieben empfohlen. Dies kann als

Tab. 26: Entwicklung de Filtration

Antike	Tuchfilter
Mittelalter	Sackfilter
1880	Holzsiebe mit Cellulose als Filterhilfsmittel
1880	Schichtenfilter
1930	Schichtenfilter als Kieselgurrahmenfilter
1930	Separator
1950	Hefefilter mit externem Dosiergerät, wie er in der Weinindustrie inzwischen als Hefefilter bezeichnet wird
1950	Kieselgurfilter mit integriertem Dosiergerät und feststehenden Sieben
1970	Kieselgurfilter mit integriertem Dosiergerät und feststehenden Sieben ab 2 m <sup>2</sup>
1980	Crossflowfilter
1985	Membranfilter
1985	Umkehrosmose

Vorläufer der Filterschicht angesehen werden. Die ersten Schichtenfilter noch aus Holz werden um diese Zeit in Frankreich hergestellt.

Um diese dynamische Entwicklung zu unterstützen, gab es 1897 eine „internationale Preisbewerbung für Most- und Weinfilter“ auf Sizilien, bei der eine „vergoldete Silbermedaille“ für einen Asbestfilter vergeben wurde. Um 1898 kommen, noch aus Holz, Universal-Druck-Filter zum Einsatz, die eine massive Zellulosepackung zwischen zwei Siebplatten zur Filtration nutzen.

1900 baute den Seitz einen sogenannten „Riesensfilter“, der eine Mengenleistung von bis zu 100 000 Liter pro Tag bot. Dies kann vielleicht als Beginn der Industrialisierung der Weinbereitung bezeichnet werden, denn es erlaubte im weitesten Sinne den Übergang von Handarbeit zur Mechanisierung in der Kellerwirtschaft, die sich auf Maschinen stützte.

1906 folgte der „Simplon“, der als fahrbare Einheit auch für mittlere Betriebsgrößen geeignet war. Asbest wurde während der Filtration auf Drahtsiebgewebe-Hohlrahmen angeschwemmt. Dies blieb bis 1930 ein sehr verbreitetes Verfahren.

Die sich durchsetzende Filtration ermöglichte jetzt erstmals eine relativ schnelle Klärung der Weine im Folgejahr. Mikrobiologisch stabil waren aber diese Weine nicht immer. Obwohl damals bereits Asbest nach Klärschärfe verkauft wurden, galt das Abfüllen von restsüßen Weinen unsicher. 1909 wurde nachgewiesen, dass die Keimzahlen beim Klärschönen um 70–90 % und durch Filtrieren im Wein um bis zu 99 % vermindert werden, eine vollständige und damit sichere Abtrennung von Mikroorganismen nicht möglich war. Junge Weine mit Restzucker erzielten höhere Verkaufspreise, Nachgärungen stellten ein erhebliches Risiko für den Käufer dar.

Die ersten Entkeimungsschichten wurden in Folge des ersten Weltkrieges entwickelt, um an der Front keimfreies Wasser für die Soldaten zu erzeugen. Um 1925 wurden Entkeimungsschichten, von den Seitz-Werken als EK<sup>®</sup>-Filter bezeichnet, für die Weinbereitung produziert. Die Schichtenfiltration ist seit dieser Zeit der „goldene Standard“ für die Weinfiltration und maßgeblich für die Sterilfiltration geblieben.

Kieselgur als Filterhilfsmittel wurde bereits 1860 in den USA und gegen 1930 zur

Bereitung von Süßmosten auch in Deutschland eingesetzt.

Der Schichtenfilter dagegen war für die Vorfiltration umständlich und unwirtschaftlich, der Separator nicht ausreichend. Bei Weinen aus sehr faulem Lesegut wurden auch die Grenzen der Kombination von Separator und angeschlossenen Schichtenfilter sichtbar.

Verantwortlich dafür ist nicht der Separator, sondern die Trubkonsistenz. Das Gewicht der Feintrubteilchen, die sich bei Anwesenheit von Kolloiden in der Schwebe halten, ist spezifisch zu gering, sodass sich die Zentrifugalkraft nur unbefriedigend hinsichtlich der Trubentfernung auswirken kann. Der Wein kommt ungenügend vorgeklärt aus dem Separator zum Filter, und die Trübung verschließt zu rasch die Poren der Klärschichten.

Erst später ließ sich die Erkenntnis umsetzen, dass sich durch fortlaufende Anschwemmung von Filterhilfsmitteln während des gesamten Filtrationsvorganges auch sehr viel trübere Weine filtrieren lassen.

Die hohen abrasiven Eigenschaften der Kieselgur waren von Beginn der Kieselgurfiltration ein Problem und sind es auch heute noch. Für höhere Trubgehalte wurde bereits Ende der 20er Jahre aus Holz ein Kieselgur-Mischgerät der Firma Straßburger angeboten. Die Kieselgurdosiergeräte wurden weiter optimiert. Bis Mitte der 70er Jahre war die Kombination von Kieselgurdosiergerät und Plattenfilter mit Hohlkammern oder Stüttschichten Stand der Technik für Klein und Mittelbetriebe.

Mitte der 70er Jahre kam es dann in Zusammenhang mit dem legendären 75er und 76er Jungweinen und ihrer oft schwierigen Klärung zu einer Wende hin zur Kieselgurfiltration mit Kesselfiltern. Diese Kesselfilter waren Filteranlagen, bei denen das Dosiergerät und der Filter erstmalig auf einem Gestell kombiniert waren.

Kesselfilter für die Kieselgur waren bis zum diesem Zeitpunkt nur in Großbetrieben anzutreffen. Sie waren schnell einsetzbar und verhältnismäßig einfach in der Konstruktion; auch bedienerfreundlicher als die bisherige Kieselgurfiltration mit Hohlkammern oder Stüttschichten. Praktikable und auch in Formengröße und Preis für den Winzerbetrieb geeignete Kieselgurfilter brachte damals wie heute die italienische Kellereimaschinenindustrie auf den Markt. Im Kleinbetrieb war diese Filtrationsmethode weniger

verbreitet, weil sie als unbequem empfunden wurde. Im Jahre 1977 kostete ein Kieselgurfilter der Firma Velo mit 1,1 m<sup>2</sup> Filterfläche ca. 10 000 DM, auch schon damals in einer Edelstahlausführung.

Damals wie heute waren der Grund für den Anstieg der Kieselgurfiltration ihr guter Klärgrad und die wirtschaftliche Arbeitsweise. Notwendig waren damals wie heute technisches Mitdenken, praktische Veranlagung und vor allem Erfahrung.

## 8 Filtration in der Praxis

### 8.1 Wieviel Filtration braucht ein Wein?

Ob die Weinfiltration die Sensorik von Weinen beeinflusst, ist eine Frage, die derzeit besonders bei Weinjournalisten und gut informierten Weinliebhabern umstritten ist. Heftige Debatten werden geführt, die an Glaubenskriege erinnern. Da es nur spärliche wissenschaftliche Forschung zu diesem Thema gibt, ist eine Versachlichung nur schwierig zu erreichen. Der vorliegende ATW-Auftrag hat uns dankenswerterweise Veranlassung gegeben, in diesem Diskurs Stellung zu beziehen, und den Betriebsleitern naturwissenschaftlich begründete, solide Fakten und Argumente an die Hand zu geben.

Im Lager der Filtrationsgegner glaubt man, dass die bei der Filtration entfernten Inhaltsstoffe dem filtrierten Wein entzogen werden, ihm also fehlen, und somit zwangsläufig eine Geschmacksveränderung der bearbeiteten Weine bewirken: Die Filtration wird als Symbol der industriellen Weinbereitung angesehen, wird damit zum Widersacher des vermeintlichen Naturprodukts Wein erklärt. In diesem Sinne schreibt Robert M. Parker Jr., der international einflussreichste Weinjournalist: "Soll ich glauben, dass die Ergebnisse von 14 Jahren ausführlicher Vergleichsverkostungen (meistens blind), die ich durchgeführt habe, unwahr sind? Sind die enormen Unterschiede in Aroma, Textur und Qualität Früchte meiner Einbildung?" Dennoch ist es schwierig, von den Filtrationsgegnern zu erfahren, durch welche Veränderungen an wertgebenden Inhaltsstoffen es zu den geschmacklichen Veränderungen kommt.

Die Befürworter der Filtration führen aus, dass die wertgebenden Inhaltsstoffe des

Weines weitestgehend kleiner sind als der Porendurchmesser bei der Filtration, allerdings wurde eine geringfügige Veränderung der Weinhaltstoffe durch Absorption an Filterhilfsmitteln nachgewiesen. Beobachten lässt sich dies auch im Betrieb bei der Filtration von Rotweinen, wenn anfangs am durchlaufenden Wein eine deutliche Entfärbung ins Auge fällt. Dennoch ließen sich nach korrekter Filtration (unter Verwendung qualitativ einwandfreier Hilfsmittel) bei Vergleichsdegustation unter wissenschaftlich einwandfreien Kriterien keine Geschmacksänderungen konstatieren. Befürworter der Filtration weisen überdies auf die finanziellen Risiken durch Trübungen und Nachgärungen auf der Flasche hin, nach derzeitiger Lehrmeinung reale Gefährdungen, die sich im Rahmen der Sterilfiltration vor Abfüllung des Weines sicher ausschalten lassen.

Je kleiner die Abfüllcharge und je exklusiver und teurer der Wein desto flexibler kann die Weinbereitung erfolgen. Andererseits kann der Verzicht auf Filtration bei hochpreisigen Weinen ein gutes Verkaufsargument sein.

Um eine Nachgärung auf der Flasche zu verhindern, muss der Restzucker Gehalt unter 0,1 g/l liegen und die Äpfelsäure durch einen biologischen Säureabbau auf unter 0,1 g/l abgebaut sein, andernfalls gleicht das mikrobiologische Risiko einem russischen Roulette. Damit eine ausreichende Selbstklärung des Weines erfolgen kann, sollten Weine, bei denen bewusst auf Filtration verzichtet wird, mindestens einen Monat im Barrique gelagert werden, erwartet doch der Konsument sowohl bei Weiß- als auch bei Rotweinen einen nahezu blanken Wein. Bei Rotweinen sind kleine Trübungen allerdings nur schwer zu sehen und stärken sogar die Farbintensität. Allenfalls für eine begrenzte Zahl von Weinliebhabern ist eine geringe Trübung oder leichte Opaleszenz akzeptabel und wird bei Rotweinen sogar als Qualitätsmerkmal verstanden. Auf eine Filtration verzichten lässt sich bei im Barrique ausgebauten Weinen ohne Restsüße, sofern sie einen biologischen Säureabbau durchlaufen haben und eher bei Rot- als bei Weißweinen.

Für alle anderen Weine ist die Sterilfiltration mit einer Porenweite von 0,45 µm sinnvoll und notwendig, denn nur so können Nachgärungen durch Hefen und Bakterien verhindert werden.

**Fazit**

Große Weine werden mit Filtration und ohne Filtration erzeugt. Ein deutlicher Einfluss der Filtration auf die Sensorik des Weines ist nicht zu belegen, damit bietet eine weniger scharfe Filtration hohe Risiken ohne offensichtliche Vorteile. Die Erzeugung eines nicht filtrierten Weines ist möglich, der dafür notwendige Weinstil stellt aber nicht den derzeitigen Mainstream der Weinbereitung in Deutschland dar. Die Vorteile eines nicht filtrierten Weines liegen im Marketing – aber um den Preis eines erhöhten mikrobiologischen Risikos für den Produzenten!

**8.2 Umfrage zur Filtration in Klein- und Mittelbetrieben**

Eine Umfrage mit 1 200 ausgesendeten Fragebogen, bei der 201 Winzer antworteten, um Ihre Erfahrungen zur Kieselgurfiltration mitzuteilen, brachte folgende Ergebnisse;

Die Befragten entsprachen der gewünschten Zielgruppe den Klein- und Mittelbetrieben, denn die filtrierte Weinmenge je Betrieb betrug bei 17 % der Befragten unter 50 000 Liter je Jahrgang, bei 45 % der Befragten zwischen 50 000 und 100 000 Liter und bei 38 % über 100 000 Liter je Jahrgang.

Crossflowfilter sind in 22 % der Betriebe über 100 000 Liter je Jahrgang, und nur in sehr geringem Ausmaße bei kleineren Betrieben (unter 10 %) vorhanden. Cross-flow-Filter und Membranverfahren konnten sich nicht so großflächig durchsetzen wie dies Ende der 80er Jahre erwartet worden war. Der Crossflowfilter hat vehemente Verfechter, die die einfache Handhabung schätzen, aber die bislang nur geringe Literleistung pro Stunde und die sehr hohen Investitionskosten sind der Grund für seine geringe Verbreitung.

Über alle Betriebsgrößen hinweg lag der Schichtenfilter an der Spitze der vorhandenen Filter und war in mindestens 88 % der Betriebe vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass in nahezu allen Betrieben, in denen eine eigene Abfüllanlage steht, der Schichtenfilter als Abfüllfiltration zu Einsatz kommt. Bekanntes Handling und die nahezu

unbegrenzte Lebensdauer der Schichtenfilter tragen dazu bei. Geschätzt wird, dass es nicht zu einem Aufaddieren von vorhergehenden Filtrationsfehlern kommen kann, weil mit jedem neuen Ansatz der Filter neu ist.

Hefefilter waren bei 71 % der Betriebe unter 50 000 Litern je Jahrgang, bei 88 % der Betriebe zwischen 50 000 und 100 000 Liter je Jahrgang und bei 87 % über 100 000 Liter je Jahrgang vorhanden. Auch diese Zahlen belegen, dass die durchschnittliche Ausstattung der antwortenden Betriebe auf einem hohen Niveau liegt. In Verbindung mit einem separaten Kieselgur-Dosiergerät werden 27 % der Hefefilter zur Weinfiltration verwendet.

Vakuumdrehfilter sind in 16 % der Betriebe über 100 000 Liter je Jahrgang vorhanden; in kleineren Betrieben waren keine Vakuumdrehfilter vorhanden. Der Vakuumdrehfilter hat bei den Befragten nur geringe Relevanz. Schwierige Handhabung und hohe Investitionskosten sind die Gründe (Tab. 27).

Kieselgurfilter waren in 172 Betrieben vorhanden, also bei 85 % aller Befragten. Die Kieselgurfiltration als Klärfiltration in der Kellerwirtschaft ist also weiterhin aktuell.

Die Größe der vorhandenen Kieselgurfilter betrug bei 38 % bis zu 3 m<sup>2</sup>, bis zu 5 m<sup>2</sup> bei 51 % und mehr als 5 m<sup>2</sup> bei 11 % der Kieselgurfilter. Dementsprechend verfügten auch nur 13 % der insgesamt 172 Filter über einen automatischen Austrag.

Die Bedienung des Filters beherrschten 94 % der Befragten nach einem Jahr der Filtration. Dennoch wünschten sich 19 % eine höhere Benutzerfreundlichkeit. Bislang liegt die Kieselgurfiltration wahrscheinlich fast ausschließlich in den Händen der Betriebsleiter.

Die Marktanteile der Hersteller von Kieselgurfiltern verteilten sich wie folgt: Seit

Tab. 27: Bestand an Filtern in Weinbaubetrieben – Veränderungen zwischen 1990 und 2002

Filter	Umfrage WEIK 1990 (n = 100)	Umfrage 2002 (n = 201)
	%	
Kieselgur-Filter	49	86
Hefefilter	48	84
Kieselgur-Dosiergerät	27	23
Schichtenfilter	95	90
Crossflowfilter	4	15

8 %, Della Toffola 11 %, Spadoni 11 %, Velo 33 % und andere Hersteller 38 %. Der Marktanteil der Firma Seitz ist um so erstaunlicher, als die Firma seit Jahren keine Kieselgurfilter mehr produziert. Es ist ein Beweis für die Langlebigkeit der Filter und für die in der Weinwirtschaft geringe Filterbeanspruchung.

26 % der Kieselgurfilter waren älter als zehn Jahre, 30 % zwischen fünf und zehn Jahren, 45 % jünger als fünf Jahre. Die Lebensdauer der Kieselgurfilter erweist sich als erstaunlich hoch.

Typische technische Defekte wurden an rund einem Drittel der Filter festgestellt. Am häufigsten genannt wurden Reparaturen an der Dosierpumpe, die verschleißanfällig ist. Zweithäufigster technischer Defekt sind Filtrationsdurchbrüche, die in Folge defekter Siebe auftreten, durch mechanischen Abrieb bei der Reinigung mit Spachteln oder messerartigen Gegenständen (bevorzugt werden Backmeistermesser oder die so genannte Palette mit 31 cm langer steifer Klinge, die zum Einstreichen und Abziehen von Torten verwandt wird) kommt es zu kleinsten Löchern an den Sieben. Dichtungen, defekte Pumpen, defekte Beleuchtungen wurden des weiteren genannt.

Verbesserungsvorschläge zur technischen Innovation wurden besonders bezüglich der Reinigung angemahnt. Gewünscht wurden größere Abstände zwischen den Sieben, um die Entfernung der Kieselgur zu erleichtern. Die Verbesserung der Restfiltration wurde als zweiter wichtiger Punkt genannt. Größere und separate Restfilter werden gewünscht, die Restmengen sollten schneller und einfacher verarbeitet werden können. Die restlose Entleerung der Filter war bei den untersuchten Modellen nicht möglich. Es wurde eine Restablaufschrabe an der Pumpe vorgeschlagen, wie sie an Flotationsanlagen schon umgesetzt wurde.

Deshalb verwundert es nicht, dass sich 65 % der Befragten noch Verbesserungen an den Filtern wünschten, speziell die Restfiltration wurde dabei von 45 % der Befragten genannt.

Würden die Hersteller die angeregten Innovationen aufgreifen, so könnten sie sich auf dem Markt der Preisspirale entziehen.

## 9 Kosten der Filtration

Maschinen und Geräte sind die wichtigsten Arbeitsgeräte im Weinbaubetrieb, da nur durch die extrem starke Mechanisierung ein Überleben des arbeitsintensiven Weinbaus im Hochlohnland Deutschland möglich war und ist. Andererseits erzeugen Maschinen auch hohe Kosten. Hierbei unterscheidet man zwischen fixen und variablen Kosten.

Die Fixkosten entstehen bereits durch die Investition unabhängig davon, ob die Maschine viel, wenig oder im Extremfall überhaupt nicht eingesetzt wird. Der Hauptkostenpunkt, der aus einer Investition in eine Maschine erfolgt, ist die Wertminderung, die betriebswirtschaftlich in Form der Abschreibung erfasst wird. Als weiterer Faktor sind die Kosten der Inanspruchnahme des Kapitals anzuführen. Hierbei ist insbesondere zu unterscheiden, ob Eigenkapital zur Verfügung steht oder Fremdkapital aufgenommen werden muss. Derzeit ist das Zinsniveau relativ tief, dennoch dürfen die Zinskosten bei der Kalkulation keinesfalls vernachlässigt werden. Bei der betriebswirtschaftlichen Berechnung wird dabei im Durchschnitt der Jahre nur der halbe Neuwert verzinst, da im Schnitt über die gesamte Nutzungsdauer aufgrund der Wertminderung nur etwa das halbe Kapital durch die Investition gebunden ist. Darüber hinaus müssen die Kosten des Standplatzes der Maschine berücksichtigt werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass in der Vergangenheit infolge des einzelbetrieblichen Wachstums ein immer größerer Maschinenbesatz in den Betrieben erforderlich wurde und dies in gewissen zeitlichen Abständen immer wieder Neuinvestitionen in Gebäude erforderlich macht.

Neben den Fixkosten entstehen durch den Maschineneinsatz variable Kosten, die maßgeblich vom Einsatzumfang bestimmt werden. Weiterhin sind die Reparatur- und Wartungskosten von elementarer Bedeutung. Die Reparaturkosten sind bei einer Investitionsberechnung häufig der Punkt, der am schwierigsten zu kalkulieren ist, da sie unter anderem auch von der Sorgfalt und den technischen Fähigkeiten des Anwenders abhängig ist.

Die Kostenkalkulation für die Filtration stellt sich wie folgt dar.

Die Anschaffungskosten für einen Filter streuen je nach Hersteller und Ausstattung in einem sehr weiten Bereich. In der folgenden Kalkulation wurde davon ausgegangen, dass

der Filter im Weinbaubetrieb zehn Jahre genutzt werden kann und über diesen Zeitraum eine lineare Abschreibung erfolgt. Als Restwert nach zehn Jahren wurde 10 % vom Anschaffungswert unterstellt (Tab. 28).

Für einen Kieselgurfilter mit einem Anschaffungswert von 5 000 € ergibt sich daraus eine jährliche Abschreibung von 450 €. Bei einem Zinssatz von 5 % beträgt die jährliche Zinsbelastung 125 €. Für den Standplatz und für Reparatur und Wartung werden jeweils 200 € pro Jahr angenommen. Die Fixkosten belaufen sich somit auf insgesamt 975 € je Jahr. Für die Kieselgurfiltration mit dem Hefefilter wurden zwei Kalkulationen durchgeführt, einerseits die Anschaffung eines Kieselgurdosiergerätes bei vorhandenem Hefefilter im Betrieb, andererseits die Neuanschaffung von einem Kieselgurdosiergerät und eines Hefefilters mit tropffreien Membranplatten.

Die variablen Kosten lassen sich aus der Tabelle 29 entnehmen, und zeigen einen Kostenvorteil der Crossflowfiltration.

Aus der Summe von variablen- und Fixkosten ergeben sich die Gesamtkosten der Filtration je 1 000 Liter (Tab. 30). Aufgrund der Fixkostendegression verringern sich die Kosten je Liter in Abhängigkeit von der jährlichen Filtrationsleistung deutlich. Die Fixkosten legen nahe, Maschinengemeinschaften zu bilden. In der betrieblichen Praxis konnten sich diese bislang nur wenig durchsetzen. Eine sinnvolle Alternative zum Kauf eines Filters ist das Entleihen eines Filters bei Lohnunternehmern. Das Entleihen eines Crossflowfilters kostet ca. 25 € je 1 000 Liter. Die effektive Gesamtfiltrationsdauer spielt besonders für Betriebe mit mehr als 100 000 Liter zu filtrierender Wein pro Jahr eine entscheidende Rolle (Tab. 31).

Tab. 28: Fixkosten pro Jahr von Filtersystemen  
Zinssatz 5 %; Nutzungsdauer 10 Jahre; Restwert 10 % vom Neuwert

Typ		Kieselgur- dosiergerät mit vorhandenem Hefefilter	Kieselgur- dosiergerät + Hefefilter mit tropffreien Membranplatten	3 m <sup>2</sup> Kieselgurfilter	Crossflowfilter effektive Stundenleistung 600 l/Std.
Anschaffungswert	€	4 000	30 000	5 000	15 000
AfA	€/a	360	2 700	450	1 350
Zins	€/a	100	750	125	375
Unterbringung	€/a	100	400	200	200
Reparatur/Wartung	€/a	100	200	200	400
Fixkosten insgesamt	€/a	660	4 050	975	2 325

Tab. 29: Vergleich variabler Kosten zweimalige Filtration mit Kieselgurfilter und einmaliger Crossflowfiltration; Kosten je 1 000 Liter

	Kieselgur- dosiergerät für Hefefilter €/1 000 l	Kieselgurfilter €/1 000 l	Crossflow (verändert nach WEIK 1993) €/1 000 l
Verbrauch Kieselgur 2 x 1 kg	2,00	2,00	entfällt
Weinverlust durch Filterhilfsmittel (1 l Wein = 1 €/l)	1,00*	1,00*	1,50
Wasser, Strom	0,30	0,30	1,50
Entsorgungskosten	entfällt		
Arbeitskosten à 20 €/Std.* je 1 000 l mit Rüst- und Vorbereitungszeiten	10,00*		6,00
variable Kosten insgesamt	13,30 €	13,30 €	9,00 €
* Laut eigener Erhebung.			

Tab. 30: Kosten der Filtration in € je 1 000 Liter in Abhängigkeit von der jährlichen Filtrationsmenge, Vergleich verschiedener Verfahren

			Weindurchsatz pro Jahr		
			50 000 l	100 000 l	250 000 l
			€/1 000 l Wein		
Kieselgurfiltration mit Hefefilter	Kieselgurdosiergerät mit vorhandenem Hefefilter	Fixe Kosten pro 1 000 l	13,20	6,60	2,64
		Variable Kosten	13,30	13,30	13,30
		Gesamtkosten	26,40	19,90	15,94
Kieselgurfiltration mit Hefefilter	Kieselgurdosiergerät + Hefefilter mit Membranplatten	Fixe Kosten pro 1 000 l	81,00	40,50	16,20
		Variable Kosten	13,30	13,30	13,30
		Gesamtkosten	94,30	53,80	29,50
Kieselgurfiltration		Fixe Kosten pro 1 000 l	19,50	9,75	3,90
		Variable Kosten	13,30	13,30	13,30
		Gesamtkosten	32,80	23,05	17,20
Crossflow		Fixe Kosten pro 1 000 l	46,50	23,25	9,30
		Variable Kosten	9,00	9,00	9,00
		Gesamtkosten	55,50	32,25	18,30

Tab. 31: Effektive Gesamtfiltrationsdauer von Wein (ohne Rüstzeiten) zur glanzhellen Filtration bei verschiedenen Filtrationssystemen in Abhängigkeit von der Betriebsgröße

	Weindurchsatz pro Jahr		
	50 000 l	100 000 l	250 000 l
	Std./Jahr		
Hefefilter 10 m <sup>2</sup> – 6 000 l/Std. 2 x filtriert	17	33	83
Kieselgurfilter 3 m <sup>2</sup> – 3 000 l/Std. 2 x filtriert	33	66	165
Crossflow – effektive Stundenleistung 600 l/Std.	83	166	416

### 9.1 Leitlinien bei der Kaufentscheidung

Die Gesamtfiltrationskosten insbesondere bei Betriebsgrößen bis zu 100 000 Liter zu filtrierender Wein pro Jahr ergeben sich hauptsächlich aus den Fixkosten. Die im vorigen Kapitel ausführlich dargelegte Kostenkalkulation könnte dazu führen, deren Gesichtspunkte bei der Kaufentscheidung über zu bewerten.

Unseres Erachtens muss jedoch der Leitgedanke bei der Anschaffung eines Filters sein, ein dem Betriebsprofil optimal gerecht werdenden Filter zu erwerben. Vor der Anschaffung hat also eine Analyse der Betriebsabläufe zu erfolgen. Unsere Entscheidungshilfen basieren auf den eben genannten Gesichtspunkten und stellen sich nach unseren bisherigen Erfahrungen wie folgt dar:

Hefefilter mit Kieselgur-Dosiergerät sind Filter, die eines stationären Arbeitsplatzes bedürfen, demnach von den vorgegebenen räumlichen Gegebenheiten abhängen: Ergonomisch günstig sind möglichst kurze

Wege zwischen Tank und Filter. Vorzuziehen sind Hefefilter ferner in Betrieben, die große Chargenmengen schnell und mit einer Filtration verarbeiten wollen. Ist ein Hefefilter im Betrieb bereits vorhanden, so kann dessen Anwendungsspektrum erweitert werden durch die kostengünstige Anschaffung eines Kieselgur-Dosiergerätes. Falls bei kleineren Chargen der Einsatz von Membranplatten und tropffreien Tüchern erforderlich wird, wirken sich die dadurch erhöhten Fixkosten nachteilig aus.

- **Crossflowfilter**  
Falls lange Filtrationszeiten in den Betriebsablauf passen, bietet der Crossflowfilter trotz hoher Fixkosten insofern Vorteile, als er bei einfacher Bedienbarkeit und automatisiertem Filtrationsablauf in einem einzigen Arbeitsgang die Sterilfiltration des Weines erlaubt.
- **Kieselgurfilter**  
Der Kieselgurfilter ist das Gerät, das sich unterschiedlichen Betriebsabläufen und Betriebsgrößen am flexibelsten anpasst. Einerseits Kostengünstig und mit geringen

Rüstzeiten und hoher Filterleistung, andererseits mobil und so den vorgegebenen Räumlichkeiten fast immer angepasst.

## 10 Literatur

BLÜMELHUBER, G. (2002): Filtration in der Getränkeindustrie. Getränke Technologie und Marketing

BLÜMELHUBER, G.; BLEIER, B.; MEYER-PITTRROFF, R. (2003): Untersuchungen an einem alternativen Filterhilfsmittel auf Zellulosefaserbasis. Brauwelt Nr. 9/10

GÖBEL, A.; MATTENKLOTT, M. (2001): Untersuchungen des Staubungsverhaltens und der stofflichen Zusammensetzung von Kieselguren. Gefahrstoffe - Reinhaltung Luft Nr. 7/8

Filtrox-Werk AG, St. Gallen Kundeninformation: Die optimale Voranschwemmung bei verschiedenen Filtersystemen

HOLLEMAN, A.F.; WIBERG, E. (1985): Lehrbuch der anorganischen Chemie. Walter de Gruyter & Co. Berlin

<http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/vv6f8ab0.html>  
National Institute for Occupational Safety and Health – The Registry of Toxic Effects of Chemical Substances Silica, amorphous fumed

<http://www.pathologie-online.de/ap/4/4.htm>  
Staublungenerkrankungen: Silikose

<http://www.pneumologie.com/erkrankungen/lunge/silikose.html> Silikose Anorganische Pneumokoniose

<http://www.stbg.de/Zeitung/se100/quarz.htm>  
Die Industrie der Steine und Erden, Jahrgang 2000 > Ausgabe 1/00 > Quarz – Silikose – Lungenkrebs?

[http://www.umwelt-online.de/recht/arbeits/arsch/bk\\_merk/bk\\_m4112.htm](http://www.umwelt-online.de/recht/arbeits/arsch/bk_merk/bk_m4112.htm)

KERN, M.; SECKLER, J. (1985): Vergleichende Betrachtung von Hochleistungs-Klärsseparator und Kieselgurfilter. Der Deutsche Weinbau

KIEFER, J.: Kieselgurfiltration – Ein Überblick über die theoretischen Grundlagen. Sonderdruck aus der Brauwelt, Filtrox-Werke

KIEFER, J.: Kieselgurfiltration – Anwendungsgrundlagen für den Kesselfilter. Brauwelt

KLASINK, A., STEFFENS, G. (1995): Grünlanderträge bei steigender Kieselguranwendung. Landwirtschaftsblatt Weser-Ems Nr. 37

LINDEMANN, B. (1992): Bewertung der Kieselgurfiltration von Bier. Promotion TU Berlin

LIPPS, M. (2003): Wird Perlite in Zukunft Kieselgur ersetzen? Kreuznacher Wintertagung Presseinformation 47

PAETZOLD, M. (1998): La Filtration sur Prouche Cas Particulier du Filtre-Pressé. Vigne et Vin Publications International, Bordeaux (33)

PARKER, R. (1999): The Dark Side of Wine

RADLER, F. (1980): Über das Vorkommen von Mikroorganismen in den Filtermitteln Kieselgur und Perlite. Die Weinwirtschaft Nr. 16

RUß W.; MEYER-PITTRROFF, R. (2001): Rechtliche Vorschriften für Kieselgur. Brauwelt Nr. 9/10

SCHNARE, R. (2002): Kieselgurfilter in der Kellerwirtschaft: Besondere Gefährdungen und sicherheitstechnische Anforderungen. Sicher Leben 5/2002

SCHNICK, G.; FISCHER, W.; ANNEMÜLLER, G.; KLEINE, S. (1998): Untersuchungen zur Einschätzung der Klär- und Filtration – Wirkungen unterschiedlicher Kieselguren, Teil 3. Brauwelt Nr. 40: 1839–1842

SERRANO, M.; PAETZOLD, M. (1998): Incidence des Filtrations sur la composition chimique et les qualités organoleptiques des vins-Pressé. Vigne et Vin Publications International – Bordeaux (33)

STORZ, H. (1975): Technik der Kieselgurfiltration. Der Deutsche Weinbau Sonderdruck

TOOST, G. (1986): Zur Geschichte der Weinfiltration. Schriften zur Weingeschichte, Herausgegeben von der Gesellschaft für Geschichte des Weines

TROOST, G. (1980): Technologie des Weins. Ulmer Verlag, Stuttgart

WEIK, B. (1991): Filtration im Weinbaubetrieb. Weinbaujahrbuch 1991, Waldkircher Verlag

WEIK, B. (1993): Neue Klärtechniken für Klein- und Mittelbetriebe einschließlich Mikrofiltration. ATW Bericht Nr. 44

ZIEGLER, B. (2003): DLR-Rheinpfalz, mündliche Mitteilungen

## Anhang

### A.1 Wichtige Filtrations-Kennzahlen

Tab. 32: Porendurchmesser von Filtrationsverfahren und Größe verschiedener Weininhaltsstoffe

Grobe Feststoffe		Feine Feststoffe			Kolloide		Moleküle	
1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup> mm
← 1 mm	← 100µm	← 10 µm	← 1 µm	← 0,1 µm	← 10 nm	← 1 nm	← 100pm	← 10 pm
		← Hefen →						
← Kristalle →		← Bakterien →						
				Wärmelabiles Eiweiß		← Farbstoffe →		
← Klärschicht →		← EK-Schicht →			← Umkehrosiose →			
← Separator →					← EKS-Schicht →			
Kieselgurfiltration Perlite Zellulose				Kerzenfilter				
← Crossflowfilter →								

Tab. 33: Filtrationen und ungefähre Porengröße

Filtration	Porengröße (µm) oder Molekulargewicht (Dalton) der zurückgehaltenen Moleküle
Grobfiltration Schichtenfiltration K700-K900	6.0-8.0 µm
Feinfiltration Schichtenfiltration K100-K300	1.5-5.0 µm
Entkeimungsfiltration Schichtenfiltration EK	ca.0,4 µm
Entkeimungsfiltration Schichtenfiltration EKS	ca.0,2 µm
Crossflow-Filtration	ca. 0,1 µm oder 200 000–500 000
Ultrafiltration	1 000–200 000
Gerbstoffentfernung	10 000–200 000
Eiweißentfernung	10 000–40 000
Farbstoffentfernung	1 000–5 000
Nanofiltration	200–1 000
Umkehrosiose	
Entfernung flüchtiger Säure	100–200
Alkohol-Abtrennung	
Mostkonzentrierung	

Die Tabelle 34 (Anwendungszeitpunkte) für die Einsatz verschiedener Filterhilfsmittel zeigt die gegenwärtige Anwendungspraxis. Es steht zu erwarten, dass die Hersteller von

Perlite und Zellulose in die ihnen bisher verschlossenen Anwendungsbereiche vorzudringen versuchen werden.

Tab. 34: Anwendungszeitpunkte für die Einsatz verschiedener Filterhilfsmittel

Zeitpunkt	Perlite	Kieselgur	Zellulose
Most	X	-	-
Jungwein	-	X	X
Wein	-	X	-

### A.1.1 Dosageanleitung für Filterhilfsmittel und Filtertypen

Die folgenden Dosageempfehlungen sind Richtwerte. Der Verbrauch an Filterhilfsmitteln ist von der Trubbelastung, dem angestrebten Filtrationsgrad und dem Filtersystem abhängig.

Nach ungefähr 5-15 min läuft – je nach Filtergröße – die Voranschwemmung klar. 2 400 l/m<sup>2</sup>/h sind als Durchflussrate bei der Voranschwemmung anzustreben, der optimale Differenzdruck beträgt 0,1 bar.

Im idealen Fall der Filtration nimmt die Druckdifferenz linear zu. Anzustreben ist eine Zunahme der Druckdifferenz von ca. 0,2 bis 0,4 bar/Stunde. Der Druckanstieg sollte konstant gehalten werden, um die Anschwemmung möglichst gleichmäßig zu belasten. Wegen der unterschiedlichen Materialien und Arbeitsprozesse empfehlen wir in jedem Fall ausreichende Eigenversuche. Eine Haftung kann aus diesen Angaben nicht abgeleitet werden.

Tab. 35: Dosageanleitung für Filterhilfsmittel und Filtertypen

Filter	Art der Filtration			Dosage an Filterhilfsmitteln
Hefefilter	Most Trubfiltration	Voranschwemmung (leichte Reinigung schnellere Filtration) 0,2–0,5 bar Gegendruck	Perlite	Voranschwemmung 350 g/m <sup>2</sup>
		Laufende Dosierung	Kieselgur	Zur Stabilisierung von Perlite und zur sehr scharfen Vorklärung
			Zellulose	Zur Stabilisierung von Perlite, alleinige Verwendung ist in der Versuchsphase
Hefefilter + Kieselgurfilter	Weinfiltration Zunahme der Druckdifferenz 0,2–0,4 bar/Std. – Leistung ca. 1000–2000 l/Std./m <sup>2</sup>	1.Voranschwemmung 15 Min. 1,5–2 höheren Durchfluss wie bei der Filtration 0,2–0,5 bar Gegendruck	Perlite	0,7–1,0 kg/m <sup>2</sup> (+ 20 g/m <sup>2</sup> Zellulose) sehr trübe Weine, zur alleinigen Verwendung in der Versuchsphase
			Kieselgur	0,7–1,0 kg/m <sup>2</sup> (+ 50 g/m <sup>2</sup> Zellulose)
			Zellulose	0,25–0,35 kg/m <sup>2</sup>
		2.Voranschwemmung	Für die zweite Voranschwemmung wird die gleiche Menge wie für die 1. Voranschwemmung gewählt und das Filterhilfsmittel wie für die laufende Dosierung gewählt.	
	Laufende Dosierung	Perlite	0,5–2 kg/1 000 l	
		Kieselgur	0,5–2 kg/1 000 l	
		Zellulose	0,3–1 kg/1 000 l	

Tab. 36: Berechnung der Trubaufnahmekapazität von Hefefiltern

Trubrahmen Größe cm	Volumen des Rahmens pro Stück l	20 Rahmen l	Bei 50 %igem Feststoffgehalt ist der Filter voll nach l	Filterfläche pro Rahmen und Seite m <sup>2</sup>	Gesamtfilterfläche m <sup>2</sup>
40x40	3,5	70	140	0,16	6,4
	5,0	100	200		
50x50	4,5	90	180	0,25	10
	5,4	104	210		
60x60	8,0	160	320	0,36	14,4
	13,7	268	540		

Tab. 37: Ungefähre Trubaufnahmekapazität von Hefefiltern und Kieselgurfiltern

Hefefilter				Kieselgurfilter	
Rahmengröße	Plattenzahl	Filterfläche	Kieselgur Aufnahme-möglichkeit	Filterfläche	Kieselgur Aufnahme-möglichkeit
cm	Stck.	m <sup>2</sup>	kg	m <sup>2</sup>	kg
40x40	10 30	3,2 9,6	24 72	3	18
50x50	10 30	5 15	37,5 112	4	24
60x60	10 30	7,2 21,6	54 162	5	30

**A.1.2 Zuordnung von Filterhilfsmitteln aufgrund der Filtereigenschaft und der Mengenleistung**

Die Durchlässigkeit (Permeabilität) eines Filtermediums für Flüssigkeiten wird in Darcy ausgedrückt. Damit bietet sich an, mit dieser Einheit die Möglichkeit Filterhilfsmittel zu vergleichen. 1 Darcy [cm<sup>2</sup>] ist gegeben, wenn 1 cm<sup>3</sup> einer Flüssigkeit mit der Viskosität 1 cP in 1 s ein Gesteinsstück von 1 cm Länge und 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt bei einem Druckunterschied von 1 bar durchfließt.

- Darcy-Werte zwischen den verschiedenen Filterhilfsmitteln sind nicht direkt vergleichbar, weil die Partikelzusammensetzung der Filterhilfsmittel nicht vergleichbar ist.
- Darcy-Werte erlauben einen Vergleich innerhalb eine Gruppe von Filterhilfsmittel.
- Die Kombination von Filterhilfsmitteln führt je nach Anwendung zu besseren Filtrationsergebnissen

Tab. 38: Zuordnung von Kieselgur aufgrund der Filtereigenschaft und der Mengenleistung

Struktur*	Anbieter von Kieselgur (alphabetisch)					Darcy (Mittel aller Anbieter) cm <sup>2</sup>	Mengenleistung
	Begerow	Erbslöh	Pall Seitz Schenk	Manville	Kenite		
grob	Becogur 4500		Ultra	555 545	1000	6	
mittel	Becogur 3500	Dicalite Speed-plus	Spezial Super	Hyflo-Supercel	900 700	2 - 1,3	
fein	Becogur 1200		Pura Media	Standard-Supercel	200	0,30 - 0,14	
sehr fein	Becogur 200		Extra	Filtercel	100	0,07	
extra fein	Becogur 100		EF			0,04	

\*  
 • sehr grob Grobklärung stark trubstoffhaltiger Flüssigkeiten (Perlite)  
 • grob Voranschwemmung  
 • mittelfein besonders gut für Kieselgurfilter  
 • fein Feinfiltration, laufende Dosage  
 • sehr fein Glanzfiltration von Flüssigkeiten  
 • extra fein Glanzfiltration von Flüssigkeiten Vorfiltration zur EK-Filtration

Tab. 39: Zuordnung von Perlite aufgrund der Filtereigenschaft und der Mengenleistung

Struktur*	Anbieter von Perlite (alphabetisch)				Darcy (Mittel aller Anbieter) cm <sup>2</sup>	Mengenleistung
	Begerow	Erbslöh	Pall Seitz Schenk	Manville		
grob	Beacolite 5000		Perlite A	J10	> 2	
mittel	Beacolite 4000 Beacolite 3000	Diacelite Perlite Mittelfein			1,6 - 0,7	

Tab. 39: Zuordnung von Perlite aufgrund der Filtereigenschaft und der Mengenleistung

Struktur*	Anbieter von Perlite (alphabetisch)				Darcy (Mittel aller Anbieter) cm <sup>2</sup>	Mengenleistung
	Begerow	Erbslöh	Pall Seitz Schenk	Manville		
grob	Becolite 5000		Perlite A	J10	> 2	↓
mittel	Becolite 4000 Becolite 3000	Diacelite Perlite Mittelfein			1,6 - 0,7	

Tab. 40: Zuordnung von Zellulose aufgrund der Filtereigenschaft und der Mengenleistung

Struktur*	Anbieter von Zellulose (alphabetisch)				mittlere Faserlänge (Faserdicke 20 µm)	Darcy (Mittel aller Anbieter) keine Angaben erhältlich cm <sup>2</sup>	Mengenleistung
	Begerow	Erbslöh	JRS	Pall Seitz Schenk			
grob	Becocel 2000	Trub-ex			2000 µm		↓
mittel		DrenopurS		Fibroklar L	900 µm		
	Becocel 400 Becocel 250 Becocel 150		L 500		500 µm 300 µm 200 µm		
				Fibroklar K			
fein	Becocel 100		L 90 L 60 L 30		50 µm	5,7	
sehr fein			L 20		20 µm	0,15	
extra fein			L10		10 µm	0,11	

- Zur Trubfiltration und zur Steigerung der Saftausbeute wird sehr grobe Zellulose eingesetzt. Dosage: 1-3 kg / 100 l Maische.
- 200 µm bis 300 µm Fasern werden verwendet um eine dünne Stützsicht auf dem Filtergewebe aufzubauen und damit einen Durchschlag feiner Filterhilfsmittel-Partikel zu verhindern. Dosage: 1-2 mm, entspricht ~ 300 g/m<sup>2</sup> Filterfläche
- 200 µm bis 300 µm Fasern werden in Abmischungen mit Perlite und Kieselgur zur Durchsatzsteigerung und Filterkuchenstabilisierung eingesetzt (Anteil Cellulose ca. 5-10 %).
- Fasern unter 200 µm werden zur Filtration als laufende Dauerdosierung eingesetzt.

Tab. 41: Ungefähre Porendurchmesser bei der Filtration – Vergleich Kieselgurfiltration zu Schichtenfiltration

		Durchschnittliches ungefähres Rückhaltevermögen µm	Darcy-Wert (Permeabilität) cm <sup>2</sup>
Kieselgurfiltration	Porenweite der Edelstahlgewebe der Filterelemente von Kieselgurfiltern	60–80	
	Grobe Kieselgur	7	5,00–18,00
	Mittlere Kieselgur	3	0,85–5,00
	Feine Kieselgur	0,3–1	0,03–0,50
Schichtenfiltration	Grobe Vorfiltration	6–8	
	Vorfiltration	1,5–5,0	
	Sterifiltration	0,5–0,7 0,2–0,45	0,17

Trubraum ist derjenige Raum, der an der Unfiltratseite für die Aufnahme von Trub und Filterhilfsmitteln zur Verfügung steht. Er kann von Filtertyp zu Filtertyp verschieden sein und variiert im allgemeinen zwischen 15 und 20 Liter/m<sup>2</sup> Filterfläche. Sobald dieser Raum bis zu dem vom Filterhersteller

angegebenen Wert gefüllt ist, muss die Filtration beendet und der Filter gereinigt werden. Das sogenannte Nass-Schüttvolumen ist ein spezifischer Wert, der dem Volumen von einem Kilogramm Filterhilfsmittel in nassem Zustand entspricht.

Tab. 42: Schüttgewicht und Nass-Schüttvolumen von Filterhilfsmitteln

Filterhilfsmittel		Perlite	Kieselgur	Zellulose
Schüttgewicht	g/l	70–90	150–300	10–300
Nass-Schüttvolumen pro kg Filterhilfsmittel	l/kg	3,0–9,0	2,5–4,0	4,5 Faserlänge 10 µm 27 Faserlänge 2000 µm
Filterkuchendicke pro kg Filterhilfsmittel	mm	6–10	2–4	2–4
Für 1 mm Schichtdicke auf 1 m <sup>2</sup> Filterfläche werden benötigt ca.:	g	100–160	250–400	200–400 kurze Fasern

### A.1.3 Trübungseinheit NTU

NTU ist eine Trübungseinheit, die sogenannte "Nephelometric Turbidity Unit". Enthält eine Flüssigkeit ungelöste Feststoffe, so wird das durch die Flüssigkeit fallende Licht sowohl absorbiert als auch gestreut. Sie wirkt für unser Auge nicht mehr klar, sondern getrübt. Die Stärke der Trübung hängt primär von der Menge der ungelösten Feststoffe ab, jedoch beeinflussen Form, Größe und Zusammensetzung der Partikel zusätz-

lich deren Ausmaß. Eine quantitative Aussage über die Menge der suspendierten Feststoffe in Most und Wein ist dementsprechend so nicht möglich. Obwohl die Genauigkeit der NTU-Bestimmung begrenzt ist, wird sie international gerne eingesetzt, weil sie technisch einfach ist und eine ungefähre Vergleichbarkeit des Filtrationserfolges dokumentieren kann.

- 1 NTU = 1 TF/E
- 4 NTU = 1 EBC (European Brewing Convention)

Tab. 43: Typische Trübungswerte unterschiedlicher Flüssigkeiten

Flüssigkeit	NTU
Most nach Vorklärung	< 100
Wein vor Filtration	20–100
Wein nach Filtration	< 5
Trinkwasser	0,02–0,5
Entionisiertes Wasser	0,02

## A.2 Adressenverzeichnis

### Filterhilfsmittel

- E. Begerow GmbH & Co.  
An den Nahewiesen 24  
D-55450 Langenlonsheim  
www.begerow.de
- Erbslöh Geisenheim Getränketechnologie  
Erbslöhstraße 1  
D-65366 Geisenheim  
www.erbsloeh-geisenheim.de
- JRS Rettenmaier  
Holzmühle 1  
D-73494 Rosenberg  
www.jrs.de
- Pall SeitzSchenk Filtersystems GmbH  
Planiger Straße 137  
D-55543 Bad Kreuznach  
www.pall.com  
www.seitzschenk.de

### Filter

- Pall SeitzSchenk Filtersystems GmbH  
Planiger Straße 137  
D-55543 Bad Kreuznach

www.pall.com

www.seitzschenk.de

- Meccanica Spadoni s.r.l.  
Via die Vinari, 7  
I-05010 Orvieto  
www.spadoni.it
- TMCI Padovan S.p.A.  
Via Dal Vera, 13  
I-31015 Conegliano (Treviso)  
www.padovan.com
- Della Toffola (s.p.a.)  
Via Feltrina 72  
I-31040 Signoress di Trevignano  
www.dellatoffola.it
- Velo SpA  
Via Piave 55  
I-31031 Altivole (TV)  
www.velo.it
- Strassburger Filter GmbH & Co.KG Filter  
- Anlagen - Apparatebau  
Osthofener Landstraße 14 / Postfach 1159  
D-67593 Westhofen/Rheinhausen  
www.strassburger-filter.de
- Bruno Platz GmbH  
D-67487 Maikammer

# KTBL-Veröffentlichungen zum Thema Wein- und Obstbau

## KTBL-Schriften

Stand vom 08.03.2010

Nr.	Verfasser: Titel. Erscheinungsjahr	Bestell-Nr.
465	Anlage und Bewirtschaftung von Weinbergterrassen. Terrassentage Oberkirch 2008, 123 S., 23 €	11465
459	Kauer, R., Fader, B.: Umstellung zum Ökologischen Weinbau. 2007, 99 S., 22 €	11459
456	Technik im Weinbau. 8. internationales ATW-Symposium 2007, 238 S., 26 €	11456
442	Hoffmann, B., Jacobi-Ewerth, M.: Präsentation von Weingütern auf Messen und Weinfeste	11442
421	Qualitätsmanagement im Obst- und Weinbau. Internationales ATW-Symposium 2004, 238 S., 26 €	11421

## KTBL-Sonderveröffentlichungen

Böhme, Axel: Umweltgerechte Technik für den Steillagen-Weinbau. 2003, 108 S., 15 €	40044
50 Jahre Ausschuss für Technik im Weinbau – Jubiläumsband 2002. 62 S., 10 €	40J50
Pflanzenschutz im Wein- und Obstbau. Internationales ATW-Symposium 2001, 195 S., 19 €	40006
39. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 2009 in Bad Kreuznach. 25 S., 5 €	4039BT
38. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 2008 in Oberkirch. 25 S., 5 €	4038BT
37. ATW-Tagung für Weinbau-Fachberater 2006 in Bad Kreuznach. 37 S., 5 €	4037BT

## KTBL-Kalkulationsunterlagen

Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft. 2008/2009, 19. Auflage, 752 S. + Online-Zugang, 25 €	19491
Datensammlung Gartenbau. 2009, 1. Auflage, 600 S., 25 €	19493
Datensammlung Weinbau und Kellerwirtschaft. 2010, 14. Auflage, 119 S., 22 €	19499
Maschinenkosten (MaKost). 2007, Online-Tool, 15 € für 12 Monate	30006
Standarddeckungsbeiträge (SDB)-online. 2007, 15 € für 12 Monate	30003
agroXML – Informationstechnik für die zukunftsorientierte Landwirtschaft. 2007, 180 S., 24 €	11454
Faustzahlen für die Landwirtschaft. 2009, 14. Auflage, 1200 S., 30 €	19494

## KTBL-Arbeitsblätter Weinbau

100	Walg, O.: Technik der Herbizidausbringung. 2009, 4 S., 3 €	42100
98/99	Kohl, E.: Raupenschlepper für die Bewirtschaftung von Weinbausteillagen. 2008, 16 S., 7 €	42098/99
97	Achilles, A.: Traubenvollernter – Typentabelle. 2008, 6 S., 4 €	42097
96	Walg, O.: Mulchgeräte für den Weinbau. 2007, 4 S., 4 €	42096
95	Kohl, E.: Seilzugmechanisierungssysteme zur Bewirtschaftung von Weinbausteillagen. 2007, 8 S., 4 €	42095
94	Walg, O.: Bodenbearbeitungs- und Tiefenlockerungsgeräte – Teil 2: angetrieben. 2007, 4 S., 4 €	42094
93	Walg, O.: Bodenbearbeitungs- und Tiefenlockerungsgeräte – Teil 1: gezogen. 2007, 6 S., 4 €	42093
92	Walg, O.: Bindematerialien und –geräte für die Stammbindungen. 2006, 4 S., 4 €	42092
91	Walg, O.: Entblätterungstechnik im Weinbau. 2006, 5 S., 4 €	42091
90	Walg, O.: Rebschnitt. 2005, 8 S., 4 €	42090
89	Walg, O.: Bindematerialien und Bindegeräte zum Biegen und Gerten. 2005, 5 S., 4 €	42089
88	Achilles, A.: Traubenvollernter – Typentabelle 2004. 6 S., 3 €	42088

**ATW-Forschungsberichte**

Stand vom 08.03.2010

<b>Nr.</b>	<b>Verfasser: Titel. Erscheinungsjahr</b>	<b>Bestell-Nr.</b>
162	Schygulla, M.: Vergleich von Vertriebssystemen in der Direktvermarktung von Wein. 2009, 52 S., 10 €	41162
158	Bäcker et al: GPS-Systeme im Pflanzenschutz. 2008 (per Download unter <a href="http://www.ktbl.de">www.ktbl.de</a> abrufbar)	41158
153	Bäcker et al: Bewertung neuer Pflanzenschutzverfahren. 2009, 72 S., 10 €	41153
149	Jörger et al: Mechanisierung des Querterrassenweinbaus. 2008 (s. Tagungsband KTBL-Schrift 465)	11465
148	Binder, G.: Rekonditionierung gebrauchter –Barriquefässer. 2010, 62 S., 10 €	41148
147	Weiland et al.: Einsatz von Flotation in Winzerbetrieben. 2010, 71 S., 10 €	41147
140	Rebholz, F.: Weinbergsschlepper als Arbeitsplatz. 2006, 78 S., 10 €	41140
139	Zipse, W.: Standort-Grünveredlung. 2006, 35 S. 8 €	41139
136	Uhl, W.: Automatische Steuerung für Laubschneider. 2003, 19 S., 6 €	41136
135	Seckler, J. et al.: Zielgröße Weinqualität – Optimierung der Entrappung. 2006, 90 S., 12 €	41135
134	Thies, L., C. Schneider, G. Röhrig: Brennereiwesen im Weinbaubetrieb. 2004, 42 S., 10 €	41134
132	Schygulla, M., B. Degünther: Selbstklebe-Etikettetechnik. 2003, 43 S., 10 €	41132
130	Rebholz, F.: Weinbergsschlepper in der Praxis. 2003, 30 S., 10 €	41130
129	Cosma, C.: Schnelltests zur Untersuchung alkoholischer Getränke. 2003, 33 S., 10 €	41129
128	Schandelmaier, B.: Kieselgurfiltration für Klein- und Mittelbetriebe. 2004, 67 S., 10 €	41128
127	Jung et al: Einfluss der inneren Oberfläche auf das Gärverhalten von Traubenmost. 2006, 118 S., 12 €	41127
126	Steinberg, B., G. Bäcker: Tropfbewässerung im Weinbau. 2004, 35 S., 11 €	41126
125	Weik, B.: Abbeermaschinen und Maischeförderung. 2003, 58 S., 10 €	41125
124	Eichler, S.: Flaschen-Außenwaschmaschinen für Winzerbetriebe. 2003, 45 S, 10 €	41124
122	Bäcker, G., W. Struck: Sprühgebläse der neuen Generation. 2002, 36 S., 8 €	41122
121	Schultz, H. R., C. Deppisch: Reflektierende Unterstockfolien. 2003, 39 S., 10 €	41121
120	Prior, B.: Schutzhüllen für Jungreben. 2002, 65 S., 9 €	41120
119	Jung, R., J. Seckler u. F. Zürn: Beeinflussung des Verschleißdrucks. 2001, 28 S., 7 €	41119
118	Müller, D.H., et al.: Direktkühlung bei der Weinproduktion. 2002, 74 S., 10 €	41118
117	Rühling, W.: Seilgezogene Mechanisierungssysteme. 2002, 24 S., 7 €	41117
115	Uhl, W.: Minimierung des Herbizidaufwandes. 2001, 46 S., 9 €	41115
114	Walg, O.: Mechanisierung des Rebschnitts. 2002, 33 S., 8 €	41114
113	Binder, G.: Rotweinbereitung in Erzeugerbetrieben. 2000, 118 S., 9 €	41113
111	Schwingenschlögl, P.: Schlagkarteien für den Weinbau. 2002, 30 S., 7 €	41111
110	Bäcker, G.: Mehrreihige Pflanzenschutzverfahren. 2000, 61 S., 9 €	41110
109	Schultz, H. R.: Minimalschnittsysteme. 2002, 71 S., 10 €	41109
108	Seckler, J. et al.: Transport und Förderung von Trauben und Maische. 2001, 55 S., 9 €	41108

107	Back, W.; J. Weiland: Kooperationsformen im Weinbau. 1998, 52 S., 9 €	41107
106	Maul, D. u. F. Rebholz: Standardschlepper im Direktzug-Weinbau. 2000, 27 S., 7 €	41106
105	Rühling, W.: Maschinelle Entblätterung. 1999, 36 S., 9 €	41105
104	Uhl, W.: Befahrbarkeit begrünter Rebassen. 1999, 23 S., 7 €	41104
103	Zürn, F. u. R. Jung: Alternative Verschlüsse für Weinflaschen. 2000, 33 S., 9 €	41103
102	Seckler, J.; Jung, R. u. M. Freund: Alternative Klärverfahren bei Most. 2000, 95 S., 9 €	41102
101	Fischer, U. et al: Intensivierung des Weinaromas. 2001, 106 S., 11 €	41101
100	Köhler, H. J.: Übersichtung von Anbruchgebinden. 1999, 50 S., 9 €	41100
99	Wohlfarth, P. u. T. Schorr: Dauerbegrünung in Trockenjahren. 1999, 36 S., 9 €	41099
97	Fischer, U.: Gärunterbrechungen und Behebung von Gärstörungen. 2000, 92 S., 9 €	41097
96	Müller, D. H.; B. Platzer u. B. Frech: Aktive Kühlung bei der Gärung. 1998, 105 S., 12 €	41096
94	Köhler, H. J.: Dampferzeugung. 1997, 40 S., 7 €	41094
93	Fehlow, C.; R. Jung; W. Pfeifer: Fassweinsbereitung im Kleingebinde. 1997, 25 S., 7 €	41093
92	Uhl, W.: Lockerung begrünter Ertragsreblflächen. 1998, 37 S., 9 €	41092
91	Rühling, W.: Maschinelle Ausdünnung. 1999, 31 S., 7 €	41091
88	Seckler, J.: Ganztraubenpressung. 1997, 70 S., 9 €	41088
86	Bäcker, G.: Einfluss der Erziehungssysteme auf die Applikationsqualität. 1998, 48 S., 9 €	41086
81	Maul, D., B. Weik: Arbeitssicherheit und Arbeitsplatzgestaltung. 2001, 77 S., 9 €	41081

ATW-Berichte sind beim KTBL abrufbar. Über das gesamte Veröffentlichungsprogramm können Sie sich im Veröffentlichungsverzeichnis informieren. Es ist kostenlos erhältlich beim KTBL, Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt [www.ktbl.de](http://www.ktbl.de); [www.ktbl-shop.de](http://www.ktbl-shop.de) (Tel.:+49(0)6151/7001-0; Fax: +49(0)6151/7001-123; [vertrieb@ktbl.de](mailto:vertrieb@ktbl.de))