

Untersuchung und Beurteilung von Lebensmitteln

Wein



Institut für Lebensmittelchemie

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
2. Analyse	5
2.1 Sinnesprüfung	5
2.2 Pyknometrische Bestimmung der Dichte	5
2.3 Pyknometrische Bestimmung des Alkoholgehalts	6
2.4 Bestimmung des Extraktgehalts	7
2.5 Bestimmung der reduzierenden Zucker (Fructose, Glucose)	8
2.6 Bestimmung der nichtreduzierenden Zucker (Saccharose)	9
2.7 Bestimmung der titrierbaren Säuren (Gesamtsäure)	10
2.8 Bestimmung der flüchtigen Säuren	11
2.9 Bestimmung der gesamtschwefligen Säure	12
2.10 Bestimmung des Aschegehalts	14
2.11 Bestimmung der Aschealkalität	15
3. Auswertung, Zusammenfassung	16

1. Einleitung

Wein ist das durch vollständige oder teilweise alkoholische Gärung von frischen, auch eingemaischten Weintrauben oder von Traubenmost erhaltene Getränk. Anbau, Verarbeitung und in Verkehrbringen sind im Weingesetz, der Weinverordnung und der Wein Überwachungsverordnung geregelt.

Zur Herstellung von Wein können eine Vielzahl verschiedener Trauben verwendet werden. Je nach Traubenart und Herstellungsverfahren kann man zwischen Weißwein, Rotwein, Rosé und Rotling unterscheiden.

Weiterhin kann man Weine nach Zuckergehalt und Qualität einordnen. Je nach Zuckergehalt unterscheidet man zwischen trockenem, halbtrockenem, lieblichem und süßem Wein. Je nach Qualität werden Weine in Tafelwein, Landwein, Qualitätswein b.A. und Qualitätswein mit Prädikat unterteilt. ^[1]

Der zu untersuchende Wein ist ein Weißwein mit dem Namen 'Domkellerstolz'. Nach Einteilung in Qualitätsstufen ist dieser Wein ein Tafelwein. Weißwein wird ausschließlich aus Weißweinträuben hergestellt.

Laut Definition ist ein Tafelwein die unterste Weinkategorie. Dieser Wein unterliegt keinen besonderen Qualitätsprüfungen, sollte aber aus einem der vier Anbaugebieten Rhein-Mosel, Bayern, Neckar oder Oberrhein stammen und mindestens 8,5 Vol.-Prozent Alkohol aufweisen. ^[2] Das Mostgewicht sollte bei etwa 44 °Oe liegen. Der Zusatz von Saccharose oder Traubenmost vor oder während der Gärung ist zulässig. ^[1]

Zur Untersuchung wurde am 02.11.2005 1l Wein in einem Tetrapack mit folgendem Etikett erhalten:

Die chemische Zusammensetzung von Wein kann stark variieren, abhängig von Klima und Witterungsbedingungen, Boden, Lage, Art und Behandlung von Trauben, Most und Wein. Die Zusammensetzung eines Weines sollte allerdings in bestimmten Grenzen liegen. ^[1] (Die Angaben zur Zusammensetzung sind alle der Literatur [1] entnommen.)

Kohlenhydrate

Die Hauptzucker in Weintrauben sind Fructose und Glucose. Sie kommen etwa in gleichen Mengen vor. In vollständig vergorenen Weinen treten allerdings nur noch geringe Mengen dieser Zucker auf (etwa 0,03 - 0,5 %). Außerdem kommen noch verschiedene Pentosen wie Arabinose (0,05 - 0,13 %), Rhamnose (0,02 - 0,04 %) und Xylose vor.

Alkohol

Der Ethanolgehalt von Wein kann je nach Jahrgang und Sorte sehr unterschiedlich sein. Er sollte zwischen 55 und 130 g/l betragen. Steigt der Ethanolgehalt über 144 g/l kann man davon ausgehen, dass Ethanol zugesetzt wurde.

Weitere Alkohole entstehen als Nebenprodukte der Gärung und sollten nur in geringen Mengen im Wein zu finden sein.

Methanol entsteht als Spaltprodukt von Pektin und sollte nur zu 30 – 200 mg/l auftreten.

Aus den Zuckern der Traube entsteht Glycerin. Es sollte nur zu 6-10g/l im Wein vorhanden sein. Glycerin verleiht dem Wein einen vollmundigen und abgerundeten Geschmack. Aus diesem Grund wurde es früher oft dem Wein zugesetzt, allerdings ist das nicht mehr erlaubt. Weiterhin kann 2,3-Butandiol als Gärprodukt der Hefe aus Diacetyl zu 0,4 – 0,7 g/l auftreten. Höhere Alkohole wie Propyl-, Butyl-, Amylalkohol (Fuselöl), Hexyl-, Heptyl-, Nanonylalkohol u.a. dürfen nur in geringen Mengen bis etwa 150 mg/l vorhanden sein.

Extrakt

Unter Extrakt versteht man die Summe aller Stoffe, die im Wein gelöst sind und bei einer Destillation von Wein zurückbleiben. Dazu zählen Kohlenhydrate, nichtflüchtige Säuren, höhere Alkohole, Glycerin, Stickstoffverbindungen, Gerb-, Farb- und Mineralstoffe. Der Extraktgehalt deutscher Weißweine liegt zwischen 20 und 30 g/l, im Rotwein liegt er meist etwas höher. Bei ausländischen Süßweinen liegt er bei 30 bis 40 g/l. Zur Qualitätsbeurteilung hat der zuckerfrei Extrakt eine größere Bedeutung, da der Zuckergehalt leicht manipulierbar ist.

Säuren

Im Most sind vor allem Äpfelsäure und Weinsäure zu finden. Im Wein sind an der Gesamtsäure vor allem Wein-, Äpfel- und Citronensäure, weiterhin als Gärprodukte und Produkte des Säureabbaus Bernsteinsäure, Kohlensäure, Milchsäure und geringe Mengen an flüchtiger Säure (hauptsächlich Essigsäure) beteiligt. Der pH-Wert im Wein sollte zwischen 2,8 und 3,8 liegen. Der Gehalt an titrierbaren Säuren (berechnet als Weinsäure) liegt etwa zwischen 4 und 9 g/l. Der Gehalt an flüchtiger Säure sollte nicht mehr als 0,8 g/l betragen.

Stickstoffverbindungen

Im Wein sollte der Gehalt an Stickstoffverbindungen gering sein (etwa 200 – 800 mg/l). Der Hauptteil der N-Verbindungen besteht aus freien Aminosäuren, wobei Prolin dominiert.

Mineralstoffe

Der Mineralstoffgehalt ist niedriger als der des Mostes, da ein Teil durch die Hefe und Ausfällen von Calciumcitrat und Weinstein eliminiert wird. Der Aschegehalt im Wein liegt etwa zwischen 1,8 und 2,5 g/l.

Um den Wein zu beurteilen und einzuordnen wurden folgende Inhaltsstoffe für die Analyse ausgewählt: Ethanol, Extrakt, Dichte, flüchtige Säuren, Gesamtsäure, schweflige Säure, Zucker (Fructose, Glucose, Saccharose), Asche und Aschealkalität.

Die Bestimmung der Dichte, des Alkoholgehalts und des Extraktgehalts erfolgt pyknometrisch nach Rauscher.

Die Bestimmung der Gesamtsäure wird nach SLMB 30A/5.1 und die der flüchtigen Säure nach SLMB 30A/5.2 durchgeführt. Die Bestimmung der freien und der gesamten schwefeligen Säure erfolgt nach Rauscher.

Die Asche und die Aschealkalität werden nach einer Methode nach Mattisek durchgeführt. Die Zucker werden nach Luff-Schoorl bestimmt, wobei einmal zwischen reduzierenden und nichtreduzierenden Zuckern unterschieden werden muss.

2. Analyse

2.1 Sinnesprüfung

Der vorliegende Weißwein weist eine klare, gelbliche Farbe auf. Der Geruch ist mild und frisch, leicht süßlich und nicht zu sauer. Besondere Aromenoten waren nicht zu erkennen. Der Wein hat einen frischen, süßlichen Geschmack und ein angenehmes Mundgefühl.

2.2 Pyknometrische Bestimmung der Dichte

Die Dichte ist definiert als das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen. Sie ist temperatur- und druckabhängig. Bei Flüssigkeiten ist es wichtig bei jeder Dichtenangabe auch die Messtemperatur mit anzugeben, die Druckangabe dagegen muss nicht erfolgen, da Flüssigkeiten fast nicht kompressibel sind.

Der Einfachheit halber wird jedoch statt der Dichte in der Praxis meist das Tauchgewichtsverhältnis eines Stoffes bestimmt. Das Tauchgewichtsverhältnis ist das Verhältnis gleicher Volumina des zu untersuchenden Stoffes und eines Vergleichstoffes (hier Wasser) gegen Luft. ^[3]

Durchführung ^[4]

Für die Bestimmung des Tauchgewichtsverhältnis werden Pyknometer von 50 ml Inhalt verwendet. Diese Pyknometer müssen vor Verwendung gereinigt und getrocknet werden. Dazu werden die Pyknometer mehrmals mit dest. Wasser und Aceton gespült und zum Trocknen in einen Stickstoffstrom gehalten.

Nach ca. 30 Minuten temperieren bei Raumtemperatur werden die Pyknometer leer gewogen. Anschließend füllt man sie mit frisch ausgekochtem dest. Wasser bis über die Marke und stellt sie für 30 Minuten in ein auf 20°C temperiertes Wasserbad. Anschließend werden die Pyknometer aus dem Wasserbad herausgenommen, mit Hilfe eines gerollten Filterpapiers getrocknet und der untere Rand des Meniskus auf die Marke genau eingestellt. Danach werden sie außen gut abgetrocknet und verschlossen. Nachdem das Pyknometer noch einmal ca. 20 Minuten bei Zimmertemperatur temperiert wurde, kann es gewogen werden. Nun leert man das Pyknometer wieder, trocknet es, füllt es mit der Weinprobe und verfährt anschließend genauso wie oben bei der Wasserprobe beschrieben.

Ergebnis

$$d_{20/20} = \frac{m_c - m_a}{m_b - m_a}$$

$d_{20/20}$... Tauchgewichtsverhältnis

m_a ... Masse des leeren Pyknometer in g

m_b ... Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometer in g

m_c ... Masse des mit Wein gefüllten Pyknometer in g

$$\rho(\text{kg} / \text{m}^3) = d_{20/20} \cdot 997,0 + 1,2 \text{kg} / \text{m}^3$$

ρ ... Dichte in kg/m^3

Pyknometer	m_a in g	m_b in g	m_c in g	d20/20	ρ in kg/m ³
groß	27,2901	77,1529	77,1422	0,9998	998,00
mittel	31,0202	80,8760	80,8647	0,9998	998,00
klein	29,4325	79,2666	79,2495	0,9997	997,90

Das Tauchgewichtsverhältnis der Weinprobe bei 20°C beträgt 0,9998.

Die Dichte der Weinprobe die aus dem Tauchgewichtsverhältnis ermittelt wurde beträgt 997,97 kg/m³.

2.3 Pyknometrische Bestimmung des Alkoholgehalts

In alkoholischen Getränken sollte überwiegend Ethanol und nur wenig Methanol und andere höher Alkohole vorhanden sein.

Der Alkoholgehalt wird wie die Dichte über das Tauchgewichtsverhältnis bestimmt. Dazu wird die Probe zuerst destilliert. Durch Wägung des Pyknometers bestimmt man das Tauchgewichtsverhältnis und kann anhand einer Tabelle den Alkoholgehalt ermitteln.

Durchführung ^[4]

Für die Alkoholbestimmung kann der Wein aus den Pyknometern für die Dichtebestimmung verwendet werden. Der Inhalt der Pyknometer wird in einen 250 ml Stehrundkolben überführt und 3-mal mit zusammen 25 ml dest. Wasser ausgespült. Der Rundkolben wird an eine Apparatur wie in der Abbildung angeschlossen.

Das Pyknometer wird zu 0,5 cm mit dest. Wasser gefüllt, in das der Kapillartrichter eingetaucht wird, und zum Kühlen in ein Becherglas mit Wasser gestellt.

Es wird nun langsam überdestilliert bis das Pyknometer mit ca. 45 ml der Flüssigkeit gefüllt ist. Das Pyknometer wird nun bis kurz unter die Marke mit dest. Wasser gefüllt und etwas bewegt, so dass die Schlieren nicht mehr wahrzunehmen sind. Anschließend wird es für ca. 30 Minuten in ein Wasserbad mit 20°C gestellt.

Danach wird es aus dem Wasserbad entfernt und vorsichtig mit einer Kapillare bis zum Meniskus aufgefüllt. Der Pyknometerhals wird mit einem zusammengerollten Filterpapier getrocknet, das Pyknometer verschlossen, bei Raumtemperatur ca. 20 Minuten temperiert und anschließend gewogen.

Abb. Destillationsapparatur zur Erhanolbestimmung ^[4]

Ergebnis

$$d_{20/20} = \frac{m_d - m_a}{m_b - m_a}$$

d20/20 ... Tauchgewichtsverhältnis

m_a ... Masse des leeren Pyknometer in g

m_b ... Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometer in g

m_d ... Masse des mit Destillat gefüllten Pyknometer in g

Pyknometer	m _a in g	m _b in g	m _d in g	d _{20/20}	EtOH in vol.-% (aus Tabelle)
groß	27,2901	77,1529	76,4444	0,9858	10,62
mittel	31,0202	80,8760	80,1457	0,9854	10,96
klein	29,4325	79,2666	78,5655	0,9859	10,54

Der durchschnittliche Alkoholgehalt der Weinprobe beträgt 10,71 vol.-%.

2.4 Bestimmung des Extraktgehalts

Der Extraktgehalt wird wie schon die Dichte und der Alkoholgehalt über das Tauchgewichtsverhältnis bestimmt. Es wird der Rückstand aus der Destillation des Alkohols verwendet. Aus einer Tabelle kann der Extraktgehalt abgelesen werden.

Durchführung ^[4]

Der Destillationsrückstand aus der Alkoholbestimmung wird, unter 3-maligem Nachspülen mit dest. Wasser, in die jeweiligen Pyknometer gefüllt, so dass sich der Meniskus knapp unter der Marke befindet. Die Pyknometer werden für ca. 30 Minuten in ein auf 20°C temperiertes Wasserbad gestellt. Anschließend werden sie aus dem Wasserbad entfernt, mit einer Kapillare bis auf die Marke aufgefüllt und der Pyknometerhals mit einem gerollten Filterpapier abgetrocknet. Nachdem die Pyknometer außen abgetrocknet und ca. 20 Minuten bei Raumtemperatur temperiert worden, werden sie gewogen.

Ergebnis

$$d_{20/20} = \frac{m_e - m_a}{m_b - m_a}$$

d_{20/20} ... Tauchgewichtsverhältnis

m_a ... Masse des leeren Pyknometer in g

m_b ... Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometer in g

m_e ... Masse des mit dem Destillationsrückstand gefüllten Pyknometers in g

→ Berechnung des Extraktes nach Tabarié ^[5]

$$E = W - A + 1$$

E ... Tauchgewichtsverhältnis des ethanolfreien Destillationsrückstands

W ... Tauchgewichtsverhältnis des Weines

A ... Tauchgewichtsverhältnis des ethanolischen Destillates

Der zuckerfreie Extrakt ergibt sich aus Extrakt in g/l minus reduzierende Zucker in g/l plus 1 g/l Arabinose, die bei der reduktometrischen Bestimmung mit erfasst wird, aber nicht vergärbar ist. ^[1]

$$zfE = GtE - m(\text{Zucker}) + 1$$

zfE ... zuckerfreier Extrakt

GtE ... Gesamttrockenextrakt

1 ... 1 g/l Arabinose

Pyknometer	m _a in g	m _b in g	m _c in g	E (d ₂₀ /20 berechnet)	d ₂₀ /20	Gesamt-trocken-extrakt in g/100 ml (aus Tabelle)	zuckerfreier Extrakt in g/ 100 ml
groß	27,2901	77,1529	77,8511	1,0140	1,0138	3,57	1,87
mittel	31,0202	80,8760	81,5560	1,0144	1,0136	3,52	1,82
klein	29,4325	79,2666	79,9496	1,0138	1,0137	3,54	1,84

Der Gehalt an Gesamt-trocken-extrakt in der Weinprobe beträgt 35,4 g/l.

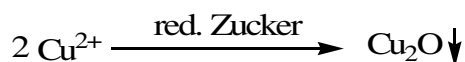
2.5 Bestimmung der reduzierenden Zucker (Fructose, Glucose)

Die reduzierenden Zucker die sich im Wein befinden sind vor allem Fructose und Glucose. Reduzierende Zucker liegen im Alkalischen in ihrer offenkettigen reaktiven Aldehyd- bzw. Ketoform vor und nicht in der stabilen Ringstruktur.

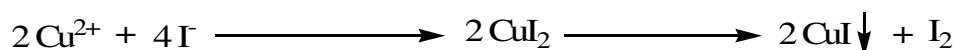
Die Bestimmung der reduzierenden Zucker erfolgt nach der Methode nach Luff-Schoorl.

Die Zucker werden mit einer kupferhaltigen Lösung umgesetzt.

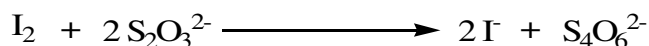
Hierbei reduzieren die Zucker das Cu²⁺ zu Cu⁺, welches als Cu₂O ausfällt.



Das überschüssige Cu²⁺ wird mit Jodid-Lösung umgesetzt wobei CuI und I₂ entsteht.



Das hierbei entstanden Iod wird mit Thiosulfatlösung zurücktitriert.



Durchführung ^[3]

Zur Probenvorbereitung werden 10 ml Wein in einen 250 ml Meßkolben gegeben, mit dest. Wasser auf etwa 150 ml aufgefüllt, mit je 5 ml Carrez-Lösung I und Carrez-Lösung II versetzt und gut durchmischt. Danach wird mit dest. Wasser aufgefüllt und filtriert.

Anschließend werden jeweils 25 ml Luffsche-Lösung und aufgearbeitete Probenlösung in einen Erlenmeyerkolben pipettiert. Nach Zugabe von Siedesteinchen wird unter Rückfluss gekocht. Dabei sollte die Lösung innerhalb von ca. 2 Minuten anfangen zu sieden und dann 10 Minuten am Sieden gehalten werden. Danach wird sofort mit kaltem Wasser gekühlt. Nachdem die Lösung abgekühlt ist werden ca. 3 g Kaliumiodid und 25 ml 25 %ige H₂SO₄ zugegeben, wobei die Schwefelsäure langsam zugegeben werden soll, da es zu heftiger Gasentwicklung kommt.

Diese Lösung wird nun mit 0,1 N Natriumthiosulfat-Lösung titriert, wobei eine Stärkelösung als Indikator dient.

Der Blindwert wird wie oben beschrieben ermittelt, es werden allerdings statt der 25 ml Probenlösung 25 ml Wasser zugegeben.

Ergebnis

- $c = (b - a_v) \cdot T$ c ... Verbrauch der Natriumthiosulfatlösung in ml, der der Menge an reduzierendem Zucker entspricht
 b ... Verbrauch der 0,1 N Natriumthiosulfatlösung in ml im Blindversuch
 a_v ... Verbrauch der 0,1 N Natriumthiosulfatlösung in ml im Hauptversuch
 T ... Titer der Na₂S₂O₃ – Lösung; T=1,0288
 (Der Titer wurde mit einer 0,1 N I/IO₃⁻ - Lösung eingestellt.)

Aus einer Tabelle kann man über c die Menge an Invertzucker I ablesen, die in den 25 ml Probenlösung vorhanden sind.

	Verbrauch an NaS ₂ O ₃ 0,1N in ml	c in ml	I in mg/25ml Proben- lösung	I in g/l
Probe Nr. 1 a _{v1}	17,15	7,23	17,78	17,78
Probe Nr. 2 a _{v2}	17,25	7,12	17,50	17,50
Probe Nr. 3 a _{v3}	17,30	7,07	17,38	17,38
Probe Nr. 4 a _{v4}	16,85	7,53	18,53	18,53
Probe Nr. 5 a _{v5}	16,75	7,64	18,80	18,80
Blindversuch b	24,18			

Der Gehalt an reduzierenden Zuckern in der Probe beträgt 18,00 g/l.

2.6 Bestimmung der nichtreduzierenden Zucker (Saccharose)

Saccharose sollte im Wein praktisch nichtvorhanden sein, allerdings kann man künstlich zur Süßung Saccharose zusetzen.

Saccharose selbst wirkt nicht reduzierend, sie muss zur Bestimmung deshalb durch saure Hydrolyse in ihre Einzelbausteine Glucose und Fructose (Invertzucker) zerlegt werden, die dann reduzierend wirken.

Die Bestimmung des Invertzucker erfolgt, wie in Versuch 2.7, mit der Methode nach Luff-Schoorl.

Durchführung ^[3]

Zur Bestimmung der nichtreduzierenden Zucker kann dieselbe Probenlösung wie unter 2.6 verwendet werden. Für die Inversion werden 50 ml dieser Probenlösung in einen 100 ml Meßkolben pipettiert, mit ca. 25 ml H₂O aufgefüllt und mit 5 ml konz. HCl versetzt.

Anschließend wird die Lösung in einem 70°C heißem Wasserbad für 5 Minuten temperiert, dabei sollte die Temperatur der Inversionslösung zwischen 67°C und 70°C liegen.

Es wird anschließend sofort auf 20°C abgekühlt. Zur Neutralisation wird die Inversions-Lösung mit Phenolphthalein versetzt und solange KOH-Lösung (30 g/ 100ml) zugesetzt bis eine leichte Rosafärbung entsteht. Dann wird sofort soviel Eisessig zugegeben bis die Rosafärbung gerade verschwindet.

Anschließend wird der Kolben mit dest. Wasser bis zu Marke aufgefüllt.

Es wird nun die Bestimmung der reduzierenden Zucker wie unter 2.6 beschrieben durchgeführt, wobei nun 25 ml der Inversionslösung eingesetzt werden.

Der Wert des Blindversuches, der unter 2.6 vor der Inversion ermittelt wurde, kann auch für die Berechnung nach der Inversion benutzt werden.

Ergebnis

- $c = (b - a) \cdot T$ c ... Verbrauch an $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -Lösung in ml, der der Menge an gesamtreduzierendem Zucker entspricht
 b ... Verbrauch der 0,1N Natriumthiosulfatlösung in ml im Blindversuch
 a ... Verbrauch der 0,1N Natriumthiosulfatlösung in ml im Hauptversuch
 T ... Titer der $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - Lösung; $T=1,0288$

	Verbrauch an $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N in ml	c in ml	I in mg/25ml Inversionslösung	I in g/l
Probe Nr. 1 a ₁	20,5	3,78	9,15	18,3
Probe Nr. 2 a ₂	20,6	3,68	8,90	17,8
Blindversuch b	24,18			

Die Menge an gesamtreduzierendem Zucker beträgt 18,05 g/l.

Aus dem Gehalt an gesamtreduzierendem Zucker und dem Gehalt an reduzierendem Zucker (siehe 2.6) kann der Gehalt an Saccharose berechnet werden. Da beide Zuckergehalte, aber nahezu gleich sind kann man sagen, dass in der Probe keine Saccharose vorhanden ist. Somit entfällt die Berechnung der Saccharose.

2.7 Bestimmung der titrierbaren Säuren (Gesamtsäure)

Im Wein befinden sich hauptsächlich Weinsäure, Äpfelsäure und Citronensäure, welche bereits natürlich in der Weintraube vorkommen. Dabei wird saurere Äpfelsäure während der Reifung in Weinsäure umgewandelt, die wesentlich vollmundiger und weniger sauer ist. Zur Gesamtsäure tragen weiterhin Produkte des Säureabbaus, wie Kohlensäure und Milchsäure, sowie die flüchtigen Säuren bei. Weißweine enthalten in der Regel mehr Säure als Rotweine. ^[1]

Durchführung

Nach Kalibrierung des pH-Meters wird der pH-Wert der Weinprobe bestimmt. Dann werden exakt 10 ml des Weins in ein kleines Becherglas gegeben und zum Sieden erhitzt, um CO_2 auszutreiben. Nach sofortigem Abkühlen titriert man mit Natriumhydroxid-Lösung (0,1 N) bis $\text{pH}=7$, welcher am pH-Meter einfach abzulesen ist. Der Titer der NaOH wird mit 0,1 N Schwefelsäure bestimmt.

Ergebnis

pH-Wert=3,03

$$TS = \frac{K \cdot a \cdot t}{V}$$

TS ... Titrierbare Säure (Gesamtsäure)

K ... Berechnungsfaktor (Weinsäure: K=7,5)

a ... Verbrauch an 0,1 N NaOH

t ... Titer der 0,1 N NaOH (t=1,0067)

V ... Probevolumen (10 ml)

Probennr.	a in ml	TS in g/l
1	6,10	4,61
2	6,05	4,57
3	6,00	4,53

Die Untersuchungsprobe weist einen Gesamtsäureanteil von durchschnittlich 4,57 g/l auf.

2.8 Bestimmung der flüchtigen Säuren

Bei der Gärung kann als Nebenprodukt unter anderem Essigsäure entstehen, welche bei einer Wasserdampfdestillation flüchtig ist und daher als flüchtige Säure bezeichnet wird. In der Regel ist der Gehalt sehr gering, aber sollten während der Gärung Fehler aufgetreten sein und beispielsweise Essigsäurebakterien nicht genügend durch SO₂ gehemmt worden sein oder wurden kranke Trauben verwendet, ist es möglich, dass größere Konzentrationen an flüchtigen Säuren entstanden sind, die die Qualität des Produkts stark beeinträchtigen. ^[1]

Durchführung ^[11]

Es werden 10 ml des Weins in die Destillationsapparatur (siehe Abbildung) gegeben und anschließend das Wasser im Generator zum Sieden gebracht. Der Wasserdampf gelangt dann bei geschlossener Apparatur durch den Wein und die Destillation wird solange fortgeführt bis etwa 200 ml Destillat vorliegen (ungefähr 1h).

Das Destillat wird zur Vertreibung von CO₂ auf 80°C erhitzt, danach abgekühlt und mit ein paar Tropfen Phenolphthalein versetzt. Die Titration erfolgt mit 0,1 N Natronlauge bis zur Rosafärbung.

Da während der Destillation auch schweflige Säure mit übergegangen ist, wird nun zu deren Erfassung die Titrationslösung mit 5 ml 1:4 verdünnter Schwefelsäure angesäuert und mit Stärkelösung als Indikator versetzt. Man titriert nun mit einer 0,02 N Jodlösung bis zur Blaufärbung.

Eine Wiederfindung erfolgt mit 20 ml Essigsäurelösung (0,1 mol/l) nach der oben beschriebenen Destillation. Dafür wird dann der Verbrauch an NaOH vor und nach der Destillation verglichen.

Die verwendete Natronlauge wird mit 0,1 N Schwefelsäure gegen Phenolphthalein und die Jodlösung mit 0,1 N Natriumthiosulfatlösung gegen Stärkelösung eingestellt.

Abb. Wasserdampfdestillation zur Bestimmung der flüchtigen Säure ^[11]

Ergebnis

$$FS = 0,6 \cdot (a \cdot t_1 - \frac{1}{5} \cdot b \cdot t_2)$$

FS ... Gehalt an flüchtigen Säuren in g/l

0,6 ... Berechnung als Essigsäure

a ... Verbrauch an 0,1 N NaOH

t₁ ... Titer der 0,1 N NaOH (t₁=1,0067)

1/5 ... Umrechnungsfaktor

b ... Verbrauch an 0,02 N Jodlösung

t₂ ... Titer der 0,02 N Jodlösung (t₂=0,8330)

Probennr.	a in ml	b in ml	FS in g/l
1	0,80	1,00	0,38
2	0,80	1,05	0,38
3	0,80	1,20	0,36

→ Wiederfindung

Verbrauch an 0,1 N NaOH vor der Destillation: v_{vor Dest.}=19,96 ml

Verbrauch an 0,1 N NaOH nach der Destillation: v_{nach Dest.}=19,92 ml

Dies ergibt eine Wiederfindung von 99,80%, welche für die hohe Präzision des Verfahrens spricht und das Ergebnis in seinem Wert nicht beeinflusst.

Der Gehalt an flüchtigen Säuren - berechnet als Essigsäure - beträgt 0,37 g/l

2.9 Bestimmung der gesamtschwefligen Säure

Einer der wichtigsten zugesetzten Inhaltsstoffe im Wein ist SO₂, welches im Endprodukt frei als schweflige Säure oder gebunden, vor allem an Aldehyd- und Ketoverbindungen vorliegt. Es dient zur Hemmung von Mikroorganismen, wie beispielsweise Essigsäurebakterien und hat reduzierende Wirkung auf verschiedene Weininhaltsstoffe, wodurch geschmacklich nachteilige Veränderungen verhindert werden.^[3] So wird auch die enzymatische Oxidation von Polyphenolen, zu denen auch die Anthocyane - also die Farbstoffe im Wein - gehören vermieden und es kommt nicht zur Verfärbung.^[6] Im Weißwein findet sich normalerweise ein höherer Gehalt an gesamtschwefliger Säure als im Rotwein, da bei dieser Sorte eine Farbstoffveränderung aufgrund der helleren Farbe eine größere Qualitätsminderung zur Folge hat. Daher wird hier also mehr SO₂ zugegeben.

Durchführung^[4]

Die gleichzeitige Bestimmung der freien und gesamten schwefligen Säure erfolgt nur mit halben Literaturansatz.

Zu Beginn ermittelt man die Titer der einzusetzenden Maßlösungen. Die Natriumthiosulfatlösung wird mit Kaliumjodat/-jodidlösung und Stärkelösung als Indikator eingestellt und danach verwendet man diese Na₂S₂O₃-Lösung zur Bestimmung des Titers der Jodlösung.

Nun werden 25 ml Wein in einen 300 ml fassenden Erlenmeyerkolben gegeben und diese mit 1,5 ml 4 N Schwefelsäure, 1 ml 1%iger Stärkelösung und etwa 15 mg Chelaplex versetzt. Zu

Praktikum Lebensmittelchemie 7. FS

dieser Lösung wird nun 0,02 N Jodlösung in definiertem Überschuss gegeben und anschließend erfolgt eine Rücktitration mit 0,01 N Na₂S₂O₃-Lösung bis zum Verschwinden der Blaufärbung (= Verbrauch a).

Nach Zusatz von 4 ml 4 N NaOH wird die Lösung 5 Minuten stehengelassen und dann mit 5 ml der 4 N H₂SO₄-Lösung versetzt. Es wird erneut Jodlösung in definiertem Überschuss zugefügt und mit Na₂S₂O₃-Lösung zurücktitriert (= Verbrauch b).

Es erfolgt eine Zugabe von 10 ml der 4 N Natronlauge und nach einem kurzen Schütteln der Zusatz von 100 ml kaltem destilliertem Wasser. Zum Schluss gibt man noch 15 ml der 4 N Schwefelsäure hinzu und titriert nochmals wie oben beschrieben (= Verbrauch c).

Für die Korrekturtitration zur Ermittlung des Anteils an Jodlösung, der nicht durch SO₂, sondern durch andere reduzierende Substanzen verbraucht wird, gibt man zu 25 ml Wein 2,5 ml Acetaldehydlösung und lässt den Kolben 30 Minuten stehen. Anschließend werden 1,5 ml 4 N Schwefelsäure zugegeben und die Lösung nun ebenfalls titriert. (= Verbrauch d)

Ergebnis

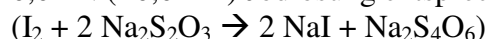
Titer der 0,01 N Na₂S₂O₃-Lösung: T=1,0288

Titer der 0,02 N I₂-Lösung: T=0,9202

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Überschuss I ₂ in ml	3	3	3	3
Na ₂ S ₂ O ₃ in ml	2,8	3,25	2,8	3,1
Überschuss I ₂ in ml	5	5	5	5
Na ₂ S ₂ O ₃ in ml	1,9	0,6	1,25	1,7
Überschuss I ₂ in ml	2	2	2	2
Na ₂ S ₂ O ₃ in ml	1,1	2,1	1,35	0,6

	Blind 1	Blind 2	Blind 3
Überschuss I ₂ in ml	0,5	0,5	0,5
Na ₂ S ₂ O ₃ in ml	0,4	0,55	0,45

Diese Werte müssen mit Hilfe der Titer korrigiert werden. Dann wird jeweils vom Überschuss an Jodlösung das Volumen welches für die Rücktitration mit Natriumthiosulfatlösung gebraucht wurde abgezogen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass 1 mol I₂ mit 2 mol Na₂S₂O₃ reagiert und daher 1 ml 0,01 N (=0,01 M) Na₂S₂O₃-Lösung einem halben Milliliter 0,02 N (=0,01 M) Jodlösung entsprechen.



Es ergeben sich folgende Werte für den Verbrauch a, b, c und d:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Verbrauch a in ml	1,32	1,09	1,32	1,17
Verbrauch b in ml	3,62	4,29	3,96	3,73
Verbrauch c in ml	1,27	0,76	1,15	1,53

	Blind 1	Blind 2	Blind 3
Verbrauch d in ml	0,25	0,18	0,23

Ein Milliliter 0,02N Jodlösung entsprechen 0,6406 mg SO₂.

Für die freie schweflige Säure ist nur der Verbrauch a zu berücksichtigen, da hier noch kein gebundenes SO₂ mittels Natronlauge freigesetzt wurde. Demzufolge werden für die gesamte schweflige Säure Verbrauch a, b und c herangezogen. Das Ergebnis muss noch mit dem Faktor 40 multipliziert werden, um auf einen SO₂-Anteil pro Liter zu kommen (Einsatz an Probelösung = 25 ml)

	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Mittelwert
Freies SO ₂ in mg/l	34	28	34	30	31
Gesamt SO ₂ in mg/l	159	157	165	165	161

	Blind 1	Blind 2	Blind 3	Mittelwert
Blindwert-SO ₂ in mg/l	7	5	6	6

Nach Subtraktion des Blindwerts von den berechneten SO₂-Gehalten erhält man die Endergebnisse.

In der Weinprobe befinden sich 25 mg/l Freies SO₂ und 155 mg/l Gesamt SO₂.

2.10 Bestimmung des Aschegehalts

Der Begriff Asche bezeichnet den Rückstand, der bei der vollständigen Verbrennung der organischen Bestandteile eines Lebensmittels unter festgelegten Bedingungen entsteht. Dabei verbleiben die Mineralstoffe (zum Teil als Carbonate) zurück. Die übliche Veraschungstemperatur beträgt 550°C, da bei höheren Temperaturen Alkalichloride flüchtig sind, was nur zur Bestimmung der Mehltypen (900°C) erwünscht ist.^[3]

Der Aschegehalt variiert je nach Sorte und Jahrgang und ist in Rotweinen auf Grund der Maischegärung in der Regel höher als bei Weißweinen.

Durchführung^[3]

Drei Quarzglasschalen werden über dem Bunsenbrenner gegläht, im Exikkator abgekühlt und gewogen. Nun je 25 ml der Weinprobe abmessen und in die Schalen geben, im Trockenschrank bei 105°C 2h eindampfen und anschließend über dem Bunsenbrenner vorveraschen. Die Schalen nun für 3h in den Muffelofen mit 550°C stellen und danach abkühlen lassen. Die Asche mit wenig Wasser anfeuchten und Kohleteilchen mit einem Glasstab zerdrücken. Die Vortrocknung und Veraschung werden solange wiederholt, bis die Asche vollständig weiß ist.

Ergebnis

Der prozentuale Glührückstand (Aschegehalt) G berechnet sich nach folgender Formel:

$$G = (m_2 - m_1) \cdot 40$$

m_1 ... Masse der leeren Schale in g
 m_2 ... Masse von Schale und Probe nach Veraschung in g
 40 ... Umrechnungsfaktor auf g/l

Probenr.	m_1 in g	m_2 in g	G in g/l
1	15,4684	15,5157	1,89
2	17,9767	18,0237	1,88
3	20,501	20,5485	1,90

Der Aschegehalt des Weißweins beträgt also 1,89 g/l.

2.11 Bestimmung der Aschealkalität

Die Aschenalkalität bezeichnet den Gesamtgehalt an alkalisch reagierenden Stoffen, wie zum Beispiel Carbonaten, die im Glührückstand enthalten sind. ^[3] Mit diesem Parameter ist es möglich einen Fremdwasserzusatz zu identifizieren.

Durchführung ^[3]

Nach beendeter Veraschung der Probe wird der Rückstand mit 10 ml Schwefelsäure (0,05 mol/l) versetzt und zur Vertreibung von CO₂ bis zum Sieden erhitzt. Mit heißem destillierten Wasser wird der Inhalt der Quarzglasschale nun in einen Erlenmeyerkolben überführt. Die Rücktitration erfolgt anschließend mit einer Natriumhydroxid-Maßlösung (0,1 mol/l) gegen Tashiro als Indikator von violett nach grün. Die Natronlauge wird mit einer 0,1 N Schwefelsäure eingestellt.

Ergebnis

$$A = 4 \cdot (a - b \cdot T)$$

A ... Aschenalkalität in mmol/l
 a ... Vorlage an 0,1 N H₂SO₄ in ml (= 10 ml)
 b ... Verbrauch an 0,1 N NaOH in ml
 T ... Titer der NaOH (T=1,0067)
4 ... Unrechnungsfaktor auf mmol/l

Probennr.	b in ml	A in mmol/l
1	3,85	24,5
2	3,80	24,7
3	3,85	24,5

Es ergibt sich eine durchschnittliche Gesamtalkalität von 24,6 mmol/l.

3. Auswertung, Zusammenfassung

Für die Zusammenfassung der Ergebnisse sollen jeweils die Vertrauensintervalle angegeben werden. Dazu ist es notwendig für die Untersuchungsergebnisse den Mittelwert und die Standardabweichung zu berechnen, sowie einen t-Test durchzuführen.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

\bar{x} ... Mittelwert

x_i ... Einzelergebnisse einer Methode

n ... Anzahl der Einzelergebnisse einer Methode

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

s ... Standardabweichung

x_i ... Einzelergebnisse einer Methode

\bar{x} ... Mittelwert

n ... Anzahl der Einzelergebnisse einer Methode

$$\Delta x = \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}}$$

Δx ... Vertrauensintervall

t ... Faktor aus t-Verteilung für P=0,95:

$$f = 2 \rightarrow t = 4,30$$

$$f = 3 \rightarrow t = 3,18$$

s ... Standardabweichung

n ... Anzahl der Einzelergebnisse einer Methode

Das Fehlerintervall für die schwefelige Säure muss allerdings anders berechnet werden, da sich hier der gesamte Fehler aus den einzelnen Fehlern der verschiedenen Bestimmungen zusammensetzt.

Bei Fehlerfortpflanzungen addieren sich bei Summen bzw. Differenzen (wie bei diesem Versuch) die Varianzen der Absolutfehler.^[9] Somit ergibt sich für den gesamten Fehler:

$$s_{ges., frei} = \sqrt{s_{freies-SO_2}^2 + s_{Blind-SO_2}^2}$$

$$s_{ges., gesamt-SO_2} = \sqrt{s_{gesamt-SO_2}^2 + s_{Blind-SO_2}^2}$$

Die Standardabweichungen der einzelnen Bestimmungen werden wie oben berechnet.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Somit ergeben sich folgende Einzelstandardabweichungen:

$$s_{\text{freies-SO}_2} = 2,97$$

$$s_{\text{gesamt-SO}_2} = 3,70$$

$$s_{\text{Blind-SO}_2} = 1,01$$

Somit ergibt sich folgendes Vertrauensintervall:

$$\Delta x_{\text{freies-SO}_2} = \frac{s_{\text{freies-SO}_2} \cdot t}{\sqrt{4}}$$

$$\Delta x_{\text{gesamt-SO}_2} = \frac{s_{\text{gesamt-SO}_2} \cdot t}{\sqrt{4}}$$

$$f = n_{\text{Probe}} + n_{\text{Blind}} - 2 = 4 + 3 - 2 = 5 \rightarrow t = 2,571$$

Für die vorliegende Weinprobe können nun die folgenden Ergebnisse in einer Tabelle zusammengefasst werden:

Bestimmter Parameter	Werte der Weinprobe	Referenzwerte
Tauchgewichtsverhältnis/ relative Dichte	$(0,9998 \pm 0,0001) /$ $(997,97 \pm 0,43) \text{ kg/m}^3$	-
EtOH – Gehalt	$(10,7 \pm 0,5) \text{ vol.-%}$	mindestens 8,5 vol.-% ^[2] laut Etikett 9,5 vol.-%
Extrakt	$(35,4 \pm 0,6) \text{ g/l}$	bei dt. Weinen nicht unter 18 g/l ^[7]
zuckerfreier Extrakt	$(18,4 \pm 0,6) \text{ g/l}$	20 – 30 g/l ^[6]
red. Zucker (Glucose,Fructose)	$(18,00 \pm 1,57) \text{ g/l}$	bis 45 g/l bei lieblichen Weinen ^[7]
nichtred. Zucker (Saccharose)	keine vorhanden	-
pH-Wert	3,03	2,8 – 3,8 ^[1]
titrierbare Gesamtsäure	$(4,57 \pm 0,09) \text{ g/l}$	5 – 8 g/l (mindestens 4,5 g/l) ^[7]
flüchtige Säure	$(0,37 \pm 0,03) \text{ g/l}$	höchstens 1,08 g/l ^[7]
gesamtschwefelige Säure	$(155 \pm 5) \text{ mg/l}$	260 g SO ₂ /l (bei über 5g Zucker pro Liter) ^[8]
Aschegehalt	$(1,89 \pm 0,03) \text{ g/l}$	1,7 – 4 g/l in deutschen Weißwein ^[7]
Aschealkalität	$(24,6 \pm 0,3) \text{ mmol/l}$	10 – 25 mmol/l ^[7]

Die Dichte, der Ethanolgehalt und der Extraktgehalt wurden pyknometrisch bestimmt, wobei jeweils dieselben Pyknometer verwendet wurden.

Die Dicht des Weins beträgt $0,998 \text{ g/cm}^3$ und entspricht nahezu der Dichte von Wasser ($\rho_{\text{Wasser}} = 1 \text{ g/cm}^3$). **Es konnten allerdings keine Referenzwerte für die Dichte von Wein gefunden werden.**

Für die Weinprobe wurde ein Ethanolgehalt von $(10,7 \pm 0,5) \text{ vol.-%}$ ermittelt. In einem Tafelwein sollten mindestens 8,5 vol.-% Ethanol vorhanden sein, dies trifft für die Weinprobe zu. Allerdings sollten laut Etikett nur 9,5 vol.-% Alkohol in unserem Wein zu finden sein. Man kann also vermuten, dass unserem Wein zusätzlich Alkohol zugesetzt wurde. Dies könnte durch Bestimmung von ¹⁴C-Atomen nachgewiesen werden. Im Gegensatz zum Alkohol landwirtschaftlichen Ursprungs weist der aus Petroprodukten stammende Alkohol keine ¹⁴C-Radioaktivität mehr auf.^[10]

Allerdings kann auch Ethanol bei der Gärung aus zusätzlichem Zucker (Saccharose, Fructose, Glucose) stammen. Dies kann man durch NMR-spektroskopische Messung der Isotopenverhältnissen von ¹H/²H herausfinden. Die Methode beruht darauf, dass das pflanzenspezifische Isotopenverhältnis der Wasserstoffatome auch im Ethanol (also im fertigen Wein) erscheint.^[1] Bei zusätzlichem Zusatz von Zucker vor der Gärung ist auch mit einem etwas erhöhtem Zuckergehalt im Wein zu rechnen, da der Zucker nicht vollständig vergoren wird. Der Zuckergehalt in unserem Wein ist nicht stark erhöht, da allerdings keine Angaben über den Soll-Zuckergehalt in der Weinprobe vorliegen, lässt sich darüber keine genaue Aussage machen.

Aus dem Tauchgewichtsverhältnis der Dichte und des Alkohols kann das Tauchgewichtsverhältnis für den Extrakt nach Tabarié berechnet werden. Das nach der Formel berechnete Tauchgewichtsverhältnis des Destillationsrückstands darf vom physikalisch-chemisch ermitteltem Tauchgewichtsverhältnis um nicht mehr als 0,0003 ... 0,0004 abweichen.^[4] Das berechnete Tauchgewichtsverhältnis beträgt $(1,0141 \pm 0,0008)$ und das pyknometrisch bestimmte Tauchgewichtsverhältnis beträgt

($1,0137 \pm 0,0002$). Das bestimmt Tauchgewichtsverhältnis und das berechnete Tauchgewichtsverhältnis weichen innerhalb der Grenzen voneinander ab. Die pyknometrisch Bestimmung des Gesamttrockenextraktes ist demnach relativ genau.

Der Extraktgehalt des Wein beträgt ($35,4 \pm 0,6$) g/l. Bei deutschem Weißwein liegt der Extrakt zwischen 20 und 30 g/l, deutsche Ausleseweine enthalten etwa 60g und ausländische Süßweine zwischen 30 und 40 g/l. ^[1] Da die vorliegende Weinprobe eine Mischung aus Weinen mehrerer Länder der EU ist, kann der Extraktgehalt auch höhere sein als bei deutschen Weißweinen üblich.

Der zuckerfreie Extrakt des vorliegenden Weines beträgt ($18,4 \pm 0,6$) g/l. Er liegt knapp unterhalb der Grenze, die in der Literatur gefunden wurde.

Als Faustregel kann man sagen, dass der Aschegehalt etwa 1/10 des reduktionsfreien Extrakts betragen sollte. ^[7] Der reduktionsfreie Extrakt beträgt 18,4 g/l und der Aschegehalt der Weinprobe beträgt ($1,89 \pm 0,03$) g/l. Der Aschegehalt unserer Probe ist etwa 1/10 des Gehalts des reduktionsfreien Extraktes. Die Faustregel trifft für den vorliegenden Wein zu.

Der Aschegehalt des Weines liegt auch innerhalb der vorgegeben Grenzen.

Die Aschealkalität der Probe beträgt ($24,6 \pm 0,3$) mmol/l. Sie liegt innerhalb der vorgegebenen Grenzen (10 – 25 mmol/l), liegt aber knapp an der oberen Grenze. Liegen die Werte für die Aschealkalität nicht innerhalb der Grenzwerte kann das auf Veränderungen des Weins durch z.B. Neutralisation oder Ionenaustauscherbehandlung hinweisen. ^[7]

Der Zuckergehalt in der Weinprobe liegt bei 18,00 g/l an reduzierenden Zuckern. Da keine Saccharose gefunden wurde, ist dies auch der Gehalt an Restzucker in der Probe.

Ein Wein wird als halbtrocken bezeichnet, wenn er höchstens 12 g/l an Restzucker aufweist, oder wenn der Restzuckergehalt 10g/l über dem Gesamtsäuregehalt liegt (aber höchstens 18 g/l beträgt). Der Gesamtsäuregehalt der Weinprobe beträgt ($4,57 \pm 0,09$) g/l. Der Restzuckergehalt liegt somit mehr als 10 g/l über dem Gesamtsäuregehalt. Der Wein kann also nicht als halbtrocken eingestuft werden, da er zuviel Restzucker aufweist.

Der Wein wird somit als lieblich eingestuft. Hierbei darf der Zuckergehalt nicht über 45 g/l steigen, und dies ist bei der vorliegen Weinprobe nicht der Fall.

Die bestimmten Werte für die titrierbare Gesamtsäuren, flüchtige Säure und gesamtschweflige Säure liegen alles innerhalb der vorgegebenen Grenzen.

Besonders bei der schwefeligen Säure ist es wichtig, dass die Grenzwerte eingehalten werden, da SO₂ in höheren Dosen toxisch auf den Menschen wirken kann.

Bei einem Tafelwein werden keine hohen Anforderungen an die Qualität gestellt, da sie die untersten Weinkategorie sind, dennoch sollten gewisse Grenzwerte eingehalten werden.

Die Weinprobe kann, nach den erhaltenen Ergebnissen, als Tafelwein eingeordnet werden.

Die bestimmten Parameter liegen alle innerhalb der vorgegeben Grenzwerte.

Eine Ausnahme bildet der Alkoholgehalt. Der Wein kann trotz des erhöhten Alkoholgehaltes als Tafelwein eingeordnet werden. Allerdings ist dann die Angabe auf der Weinpackung nicht richtig.

Der vorliegenden Tafelwein ist ein leichter Mischwein, der relativ säurearm ist.

(Bei säurearmen Weinen liegt der Säuregehalt zwischen 3-6 g/l. ^[12])

Bei Mischweinen wird unabhängig vom Jahrgang ein gleich bleibender Weincharakter angestrebt. ^[12] Ein Mischwein muss nicht unbedingt von schlechter Qualität sein. Er kann sogar oft besser sein als die jeweiligen einzelnen Weine.

Literatur

- [1] Belitz, Hans-Dieter; Grosch, Werner ; Schieberle, Peter: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 5. Auflage. Springer Verlag, Berlin, 2001
- [2] www.lebensmittellexikon.de/
- [3] Matissek, Reinhard; Schnepel, Frank-M.; Steiner, Gabriele: Lebensmittelanalytik. 2. korrigierte Auflage. Springer Verlag, Berlin, 1992
- [4] Rauscher, Karl; Engst, Rudolf: Untersuchung von Lebensmitteln. 2. Auflage. Fachbuchverlag Leipzig, 1986
- [5] Kap. 30A In: Schweizerisches Lebensmittelbuch. Bd. 2. 5. Auflage. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, 1964
- [6] Franzke, Claus: Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 3. Auflage. Behr Verlag, Hamburg, 1996
- [7] Bergner, Karl-Gustav: Weinkompendium für Apotheker, Ärzte und Naturwissenschaftler. 2. Auflage. wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1993
- [8] Kuhnert/Muermann (Hrsg.): Handbuche der Lebensmittelzusatzstoffe, 30. Aktuelle Lieferung 12/04
- [9] Simat, Thomas; TU Dresden, Institut für Lebensmittelchemie: Skript zur Vorlesung Chemometrie, 2005
- [10] SLMB Kapitel 30A Wein aus Trauben, Richtlinien; Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, April 1993
- [11] TU Dresden, Institut für Lebensmittelchemie: Praktikumsskript zur Bestimmung der flüchtigen Säure durch Wasserdampfdestillation.
- [12] Flitsch, Wilhelm: Wein. 1. Auflage. Springer-Verlag, Berlin