

Beerensortierung bei Weißwein nach Größe und Farbe und deren Einfluss auf die Weinqualität

Maximilian Freund¹, Magali Lafontaine¹, Kai-Uwe Vieth², und Christian Negara²

¹ Hochschule Geisenheim University, Von-Lade-Strasse 1, 65366 Geisenheim, Germany

² Fraunhofer – IOSB, Fraunhofer Strasse 1, 76131 Karlsruhe, Germany

Abstract. Im Zuge des verstärkten Maschineneinsatzes bei der Traubenlese kommt der optischen Trauben- bzw. Beerensortierung für die Weinqualität eine zunehmende Bedeutung zu. Nicht nur das Aussortieren von Fremdkörpern und faulem Traubenmaterial, sondern auch die zusätzlichen Möglichkeiten der Selektion des von Natur aus heterogenen Beerenmaterials nach qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen stehen im Mittelpunkt. Da die optischen Daten unabhängig vom verwendeten Wellenlängenbereich vorwiegend über Reflexion gewonnen werden, bleiben die Informationen vorwiegend auf die Inhaltsstoffe der Beerenhaut beschränkt. Beereigenschaften wie Größe und Farbe sind daher hilfreiche Parameter, von denen seit Längerem bekannt ist, dass sie einen Einfluss auf die Inhaltsstoffe und somit auf die Weinstilistik nehmen. Die hier vorgestellten Untersuchungen zeigen zum einen, welche analytischen Eigenschaften sich durch Beerengröße und -farbe in der Beere selbst ändern, und zum anderen, welchen Einfluss diese Eigenschaften auf die daraus resultierende Weinqualität haben. Daraus wird abgeleitet, in wieweit eine optische Sortierung nach diesen beiden Parametern einen Einfluss auf den späteren Weinstil besitzt. Die Ergebnisse werden am Beispiel von Trauben der Rebsorte *Vitis vinifera* L. cv. Weißburgunder aus dem Weinanbaugebiet Rheingau, Deutschland, dargestellt.

1. Einleitung

1.1. Optische Sortierung

In den vergangenen Jahren hat die Sortierung von Trauben bzw. von Beeren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Diese Entwicklung ist vor allem im Bereich der Produktion von hochwertigen Weinen und in der Weiterverarbeitung von Lesegut aus Maschinenlese zu beobachten.

Während die meisten Schritte der Traubenverarbeitung das Erhalten der Traubenqualität zum Ziel haben, besteht bei der Traubensortierung durch Aussonderung traubenfremder Bestandteile sowie grüner Pflanzenteile, unreifer, beschädigter oder angefallter Beeren (MOG – material other than grapes) die Möglichkeit, die Qualität des Lesegutes aktiv zu erhöhen. Dies ist vor allem mit der Zunahme gerade der traubenfremden und traubeneigenen Verunreinigung, wie beispielsweise Stiele, Blätter, Insekten, Rebholz und Heftklammern, durch die Maschinenlese von Bedeutung.

Dies war in der Vergangenheit vorwiegend Handarbeit, sei es in Form der selektiven Handlese oder mittels manueller Sortiereinrichtungen wie z. B. Vibrations- oder Bandsortiertischen. Seit einiger Zeit gibt es auch automatische Sortieranlagen, die in Abhängigkeit ihrer Sortiertechnik nach unterschiedlichen Selektierkriterien sortieren.

Rein mechanische Sortiersysteme können mit Hilfe von Sieben, Rechen, Ausblasdüsen oder Dichtebädern vorwiegend traubenfremde sowie traubeneigene Verun-

reinigungen entfernen und auch nach Beerengröße trennen. Einige dieser mechanischen Systeme sind mittlerweile ergänzend zum Entrapper auf Lesemaschinen integriert.

Die optischen Systeme erweitern die Möglichkeiten des Sortierens. So sind diese Anlagen in Abhängigkeit ihrer bildgebenden Technik in der Lage die möglichen Sortierkriterien über Größe, Form und Farbe hinaus auch auf qualitätsrelevante Inhaltsstoffe der Beeren zu erweitern.

So hat die Infrarot-Spektroskopie (IR) ergänzend zum sichtbaren Wellenlängenbereich mittlerweile eine weite Verbreitung in den unterschiedlichen Bereichen der Beeren-, Most- und Weinanalyse gewonnen [1,2]. Einen Überblick über die bei der optischen Beerensortierung derzeit geprüften Qualitätsparameter sind in Tabelle 1 zusammengetragen.

Da im Bereich der Beerensortierung die optischen Daten über Reflexion gewonnen werden, ist der eigentliche Informationsträger die Beerenhaut und die in ihr lokalisierten Inhaltsstoffe. Zusätzlich ist als Fehlerquelle der bei den vorbereiteten Schritten wie Lese, Transport, Entrappen frei werdende Saft, der sich auf der Beerenoberfläche befindet, zu beachten und gegebenenfalls in den Sortieralgorithmen der Software zu berücksichtigen.

Diese Überlegungen führen dazu, die Beerenfarbe und den von der Reflexion unabhängigen Parameter Beerengröße als Sortierkriterium einzubeziehen und deren Einfluss auf die Weinqualität zu betrachten.

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen analytischen und optischen Größen zur Charakterisierung der Beerenqualität.

Parameter	Wellenlänge	Quelle
Brix	700–1200 nm	[3]
Brix, pH-Wert, Anthocyane	640–1100 nm	[4]
Brix, Zucker, pH-Wert	380–1650 nm	[5]
Dichte, Anthocyane	700 nm	[6]
Flavonole, Gesamtphenole	1100–2498 nm	[7]
Dichte, Anthocyane	400–1000 nm	[8]

1.2. Beerengröße

Vor allem bei der Rotweinbereitung wird die Beerengröße als wichtiger Parameter hinsichtlich der späteren Weinqualität angesehen. Als Grund wird das sich verschiebende Saft/Schalenverhältnis zu Gunsten der Beerenhaut und der in ihr lokalisierten Inhaltsstoffe – vor allem der Anthocyane – angeführt [9, 10]. Zwar steigt mit zunehmender Größe der Beeren auch der Hautanteil und gleichzeitig die dort lokalisierten Inhaltsstoffe proportional zur Beere [9], doch bei Bezug der Beerenhautinhaltsstoffe auf das Beerenfrischgewicht ergibt sich eine erhöhte Konzentration dieser Stoffe bei den kleineren Beeren [12].

Erklärt wird dieses Phänomen u. a. mit einer schnelleren Reife der kleinen Beeren, die zum einen mit den hormonellen Veränderungen der geringeren Kernzahl aber auch durch die höhere Verdunstung durch die größere relative Hautoberfläche begründet wird. Die dadurch bedingte stärkere Transpiration führt zu einer verstärkten Einlagerung von Inhaltsstoffen in die Beere [13]. In Abhängigkeit der Beerenexposition dürften sich kleinere Beeren zudem schneller erwärmen und somit die Transpiration, aber auch die Stoffwechselprozesse – u. a. auch den Äpfelsäureabbau – beschleunigen.

Aufbauend auf diesen Überlegungen scheinen hinsichtlich des Sortierkriteriums Beerengröße – unabhängig ob weiße oder rote Beeren – vor allem die Inhaltsstoffe von Bedeutung, die in der Beerenhaut lokalisiert sind. Dies trifft vor allem für die in der Weißweinbereitung bedeutenden Aromakomponenten und Mineralstoffe, wie Kalium, zu [12]. Die Abhängigkeit der Säure von der Beerengröße ist dagegen differenziert zu betrachten. Weinsäure liegt in höherer Konzentration in der Beerenhaut vor, Apfelsäure ist gleichmäßig über die Beere verteilt, wobei ihre relative Verteilung in der Beerenhaut im Vergleich zum Beerenfleisch während der Reife ansteigt [14–17]. Bei Weinen aus kleinen und großen Beeren der Rebsorte *Vitis vinifera L. cv. Chenin Blanc* aus Südafrika wurden keine Unterschiede bei den Wein-Estern gefunden, die Qualität der Weine aus kleineren Beeren wurde jedoch als besser bewertet [18].

1.3. Beerenfarbe

Mit zunehmender Reife verfärben sich die Beeren – rote von grün über rot nach dunkelblau, weiße von grün über gelb nach goldgelb. Bei den roten Beeren wird dies vorwiegend der Akkumulation von Anthocyanen zugesprochen, während bei weißen neben Polyphenolen wie Flavonoide (gelb-braun) auch Carotinoide

(gelb-orange) für die Farbe verantwortlich gemacht werden. Das grüne Chlorophyll wird im Laufe der Reife sowohl bei roten als auch bei weißen Beeren abgebaut [19].

Da Carotinoide Aromavorstufen der C₁₃-Norisoprenoide und der Terpene sind, gilt diese Stoffgruppe als wichtiges Qualitätskriterium. So konnte bei der Rebsorte *Vitis vinifera L. cv. Riesling* aus dem Rheingau, Deutschland eine Korrelation zwischen der Beerenfarbe gelb-rötlich (a* im CIELab-Farbkeerraum) und den glycosidisch gebundenen Aromavorstufen (GG) gezeigt werden [20]. Da diese mit dieser Methode mitbestimmten glycosidisch gebundenen Phenole nur einen geringen Zusammenhang mit der Beerenfarbe gelb-rötlich zeigen, können die GG-Werte als Indikator der Aromavorstufen angesehen werden.

Auch wird in verschiedenen Untersuchungen kein Zusammenhang zwischen Beerenfarbe und dem Zuckergehalt der Beeren festgestellt [20–22].

Für die Rebsorte *Vitis vinifera L. cv. Sauvignon Blanc* aus der Region Western Cape, Südafrika werden die in Tabelle 2 aufgelisteten Farbwerte entsprechenden Aromaprofilen zugeordnet. Auch bei den hier zugrunde liegenden Untersuchungen konnten kein direkter Zusammenhang zwischen der Beerenfarbe und dem Zuckergehalt bzw. der titrierbaren Gesamtsäure festgestellt werden [23].

Die im folgenden vorgestellten Untersuchungen verfolgen das Ziel aufzuzeigen, welchen Einfluss Beerengröße und -farbe bei der Rebsorte *Vitis vinifera L. cv. Weißburgunder* auf die Inhaltsstoffe der Beere nehmen und welche Möglichkeiten sich durch ein gezielten Ausbau nach den beiden Parametern Größe und Farbe für die Weinstilistik und die Weinqualität ergeben können.

2. Material und methoden

2.1. Vorversuche

In einem Vorversuch wurden jeweils 1000 Beeren nach Beerengröße und -farbe klassifiziert und untersucht. Davor wurden sie zuerst mit der Hand vom Stielgerüst befreit.

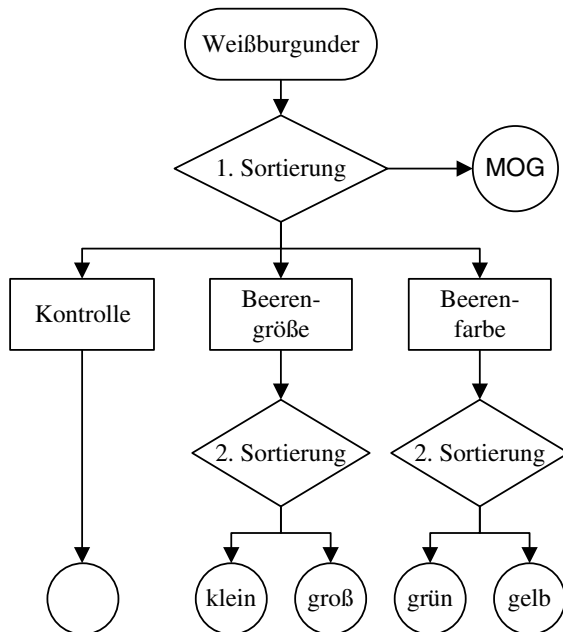
2.1.1. Beerengröße

Beerengrößensortierung: Die Beeren wurden an zwei Terminen (16.09.2013 und 06.10.2013) unter Verwendung von Sieben in sechs Größen (6,3 mm, 8 mm, 10 mm, 12,5 mm, 14 mm und 16 mm) gruppiert. Die Beeren der beiden kleinsten Gruppen wurden verworfen, da ihr Anteil zum ersten Termin nur 8% (16.09.2013) zum zweiten Termin nur 6% (06.10.2013) der Gesamtstichprobe ausmachte. Die vier restlichen Gruppen wurden zu den Gruppen kleine (10–12,5 mm) und große Beeren (>12,5 mm) zusammengefasst.

Chemische Analysen: Das Einzelbeeregewicht wurde gewogen (METTLER AE200, Sartorius, Göttingen, Deutschland), bei einem Druck von 1 bar ausgepresst (Longarone 85, QS System GmbH, Norderstedt, Deutschland) und die gewonnenen Moste gefiltert. Der Gesamtextrakt wurde als °Oechsle mit einem Handrefraktometer (Leo Kübler GmbH, Karlsruhe, Deutschland) bestimmt. 1,5 mL des Saftes wurden fünf Minuten bei 1400 g zentrifugiert (MiniSpin® Plus, Eppendorf AG, Wesseling

Tabelle 2. Zusammenhang zwischen analytischen und optischen Größen zur Charakterisierung der Beerenqualität [erweiternach 23].

Farbwertim HSL-Modell[°F]	Aromaprofil
>90	grün/unreif
90–85	grün/Spargel
85–80	Spargel/Citrus
80–75	Spargel/tropische Frucht/Grapefrucht/Citrus
75–70	tropische Frucht
70–65	gärig/Terpene
65–60	phenolisch/neutral/Terpene

**Abbildung 1.** Versuchsaufbau Beerengröße und -farbe.

Berzdorf, Deutschland) und der Überstand mit Fouriertransform infrared spectroscopy (FTIR) (OenoFossTM, FOSS, Hillerød, Dänemark) für die Bestimmung der organischen Säuren, der titrierbaren Gesamtsäure, des pH-Werts und des Gesamtextrakts herangezogen. Die Konzentration der primären Aminosäuren wurde im Most mit dem NOPA-Verfahren [24] als Isoleucin-Äquivalente bestimmt.

2.1.2. Beerenfarbe

Sortierung nach Beerenfarbe: Die Beeren wurden an drei Terminen (07.09.2012, 30.9.2012, 30.09.2013) mit Hilfe des Farbwertes a^* im rot/grün-Bereich in 30 Gruppen aufgeteilt. Zur Farbwertbestimmung der Beeren wurde das Farbraummodell CIELab der Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) verwendet. Hierzu wurden je 8 mm² jeder Beere von zwei unterschiedlichen Seiten mit einem Spektrometer im sichtbaren Wellenlängenbereich (VIS) (Minolta 3500d, Konica Tokyo, Japan) aufgenommen und die Werte gemittelt. Die Parameter Helligkeit (L^*), rot/grün (a^*) und gelb/blau (b^*) wurden bei einem Standardbeobachter von 10° und einer durchschnittlichen Tageslichtbeleuchtung (D65) bestimmt.

Glycosyl-Glucose-Analysen: Die nach der a^* -Farbachse vorsortierten Beeren wurden mittels Glycosyl-Glucose-Methode [25] auf die glycosidisch gebundenen Aromastufen hin untersucht.

Gesamtphenole: Die Gesamtphenole wurden nach der Folin-Ciocalteu-Methode untersucht und werden als Catechin-Äquivalente angegeben.

2.2. Großversuch

Mit Hilfe der im Vorversuch ermittelten Informationen wurden die Trenngrenzen der Großversuche festgelegt.

Traubenherkunft: 1200 kg handgelesene Weißburgunder-Trauben mit einer Botrytisbefalls-häufigkeit von 57% und eine Befallsstärke von 8% (Lesedatum 09.10.2013) des Weingutes der Hochschule Geisenheim wurden in 25 kg fassende Einheitskisten gelesen und nach der Ernte in drei Parteien Kontrolle (193 kg), Beerengröße (531 kg) und Beerenfarbe (476 kg) aufgeteilt.

Sortiervorgang: Für die Versuche wurde der Prototyp einer Beersortieranlage des durch das Förderprogramm ZIM des BMWi geförderten Gemeinschaftsprojektes "GrapeSort" verwendet. Die Kisten wurden über einen Trichter per Hand mit Hilfe der Abbeermaschine Roto 10 (Armbruster, Güglingen-Frauenzimmer, Deutschland) abbeert, von dort über ein Förderband mit Trichter (Armbruster) auf das Beschleunigungsband (Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Deutschland) der Sortiermaschine befördert, wo sie auf 3 m s⁻¹ beschleunigt wurden. Mit Hilfe der optischen Sortiereinrichtung (Fraunhofer IOSB) und einem pneumatischen Düsenblock mit 128 Düsen (INWaG, Tübingen, Deutschland), der über das optische System gesteuert wird, wurde in Abhängigkeit der Fragestellung die beiden Fraktionen in 500 kg fassenden Kunststoffkisten getrennt aufgefangen.

Hierzu wurde in einem ersten Schritt die in den Vorversuchen gewonnenen Klassifizierungsgrenzen für die Beerengröße bzw. -farbe in der Sortiersoftware hinterlegt. Vor der eigentlichen Sortierung erfolgte bei den drei Versuchen Kontrolle, Beerengröße und Beerenfarbe die Aussortierung der traubenfremden Bestandteile und der faulen Beeren, was in allen Varianten etwa 12% w/w ausmachte. Nach dieser ersten Sortierung wurde die Fraktion ohne traubenfremde Bestandteile in einem zweiten Durchgang in den Trichter des Förderbandes geschöpft und ein zweites Mal mit der Sortieranlage nach der Fragestellung Beerengröße bzw. -farbe sortiert. Während der Sortierung nach Größe bzw. Farbe wurde nach

der Hälfte der verarbeiteten Menge die Sortierrichtung gewechselt, d. h. es wurden z. B. erst die großen Beeren und anschließend die kleinen Beeren mittels Druckluft aussortiert. Damit sollte einem möglichen Einfluss der Beschädigung der ausgeschossenen Beeren durch die Luftdüsen entgegengetreten werden.

Die Trauben wurden vor und die einzelnen Sortierfraktionen (Rappen, traubenfremde Bestandteile, anfallender Saft und die jeweiligen Beerenfraktionen) nach den Sortiervorgängen gewogen. Die Trauben der Kontrolle wurden nur entrappt und einmal über die Sortieranlage geführt, um die traubenfremden Bestandteile und die faulen Beeren zu entfernen.

Beerenbonitur: Jede fünf Minuten wurden rd. 10 kg jeder Fraktion entnommen. Nach Versuchsende wurde aus den Einzelproben eine Gesamtprobe zu 10 kg zusammengestellt, die in Abhängigkeit der Fragestellung auf die Parameter traubenfremde Bestandteile, Beerengröße und -farbe bonitiert wurden.

Mostbehandlung: Nach dem Wiegen gelangten die Beerenfraktionen getrennt mit Hilfe eines Gabelstaplers mit Drehkranz in die pneumatische Presse Europress EHP 300 (Scharfenberger, Bad Dürkheim, Deutschland), wo sie mit Hilfe des Standardprogramms 3 (max. 2 bar, 118 min) abgepresst wurden. Dem Abpressen folgte eine Schwefelung mit 35 mg L⁻¹ einer 5%igen Lösung und eine Vorklärung mittels Sedimentation über 18 h.

Gärung und Weinbereitung: Die Gärung erfolgte je Variante in je einer 50 L und 25 L großen Korbflasche, die zu 95% befüllt wurden. 200 mg L⁻¹ Hefe (Oenoferm Klosterneuburg, Erbslöh, Geisenheim, Deutschland) wurde nach Rehydratation gemäß Herstellerangaben zugegeben. Es wurde der Gärverlauf durch tägliches Bestimmen der Dichte und der Temperatur (DMA 35n, Anton Paar, Graz, Österreich) kontrolliert. Nach der Gärung erfolgte ein Beifüllen der Korbflaschen. Vier Wochen nach dem Beifüllen wurden die Weine von der Hefe abgetrennt und mit 100 mg L⁻¹ einer 5%igen Lösung geschwefelt. Acht Wochen nach dem Abstich erfolgte, wenn notwendig, eine Einstellung der freien schwefeligen Säure auf 45 mg L⁻¹ und die Abfüllung über eine Sterilfiltration (Seitz EK®, Pall, Bad Kreuznach, Deutschland) und einen dreistelligen Gleichdruckfüller im Normaldruckbereich TA3 (KVT-Troxler, Ettenheim, Deutschland).

Chemische Analysen: Die nach der Vorklärung genommenen Proben wurden gefiltert und untersucht. Die Weine wurden nach der Abfüllung bezüglich Alkohol, vergärbaren Zucker, Gesamtextrakt, zuckerfreien Extrakt, titrierbare Gesamtsäure, Weinsäure und pH-Wert mittels FTIR (WineScan™, FOSS, Hillerød, Dänemark) analysiert. Die freie und gesamte schwefelige Säure wurden mittels jodometrischer Titration bestimmt.

Sensorik: Alle Weine wurden in einem Weinkeller bei 15 °C für zwei Monate gelagert. Die Sensorik fand im Sensorikraum des Instituts für Oenologie der Hochschule Geisenheim mit dem hochschuleigenen Prüferpanel statt. Als Methoden kamen Dreieckstest- und Rangordnungsprüfung zum Einsatz. Die Ergebnisse wurden mit der FIZZ-Software (Version 2.47B, Biosystèmes, Couternon, Frankreich) ausgewertet.

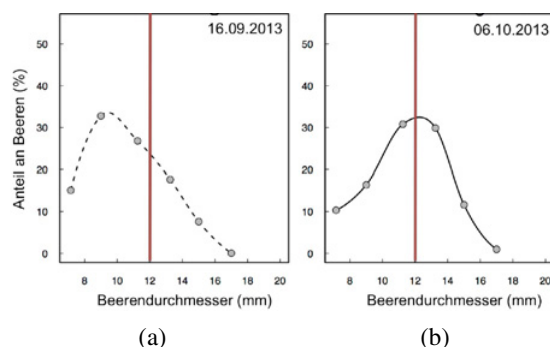


Abbildung 2. relative Häufigkeit des Beerendurchmessers der Weißburgunder-Beeren zu den Terminen (a) 16.09.2013 und (b) 06.10.2013.

3. Ergebnis

3.1. Beerengröße

3.1.1. Vorversuch

Abbildung 2 zeigt die Größenverteilung der Weißburgunder-Beeren zu den beiden Terminen 16.9.2013 und 06.10.2013.

Es wird deutlich, dass sich mit zunehmender Reife der Beerendurchmesser vergrößert. Zur Festlegung der Trenngrenze für den Großversuch, wurde der Median bzw. die 50% Quantile zum lesenahe Termin am 06.10.2013 benötigt, die bei 12 mm liegt, so dass die Größenklassen <10 und 10–12,5 mm zu der Variante kleine Beeren und die Größenklassen >12,5–14 mm, 14–16 mm und >16 mm zu der Variante große Beeren vereinigt wurden.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Beeren- und der Mostanalyse des Vorversuchs zusammengefasst. Zum ersten Zeitpunkt ist zu erkennen, dass der Most aus kleineren Beeren im Durchschnitt ein höheres Mostgewicht aufweist. Zum zweiten Zeitpunkt wird dies nicht bestätigt. Hingegen zeigt sich zum zweiten Zeitpunkt, dass der Gehalt an Äpfelsäure und hefeverfügbarem Stickstoff bei den kleineren Beeren niedriger als bei den größeren Beeren war. Der Weinsäuregehalt ist dagegen bei den kleineren Beeren mit 0,72 g L⁻¹ deutlich höher. Diese Erkenntnisse decken sich mit weiteren Untersuchungen bei der Rebsorte Riesling, die innerhalb dieses Projekts durchgeführt wurden.

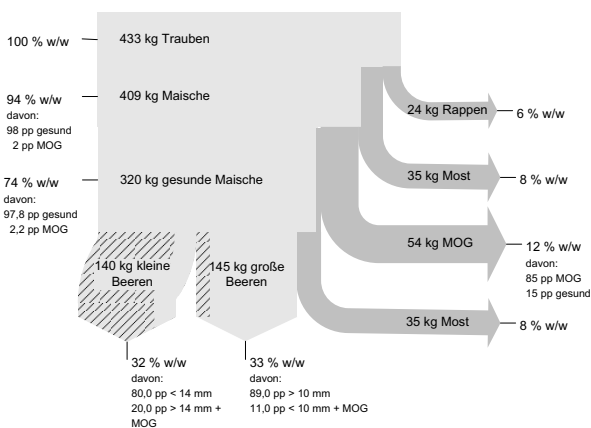
Hinsichtlich der Anzahl der Beeren liegt die Trenngrenze von 12,5 mm mit 47 zu 53% mittig. Das mittlere Beerengewicht der kleinen Beeren zum Zeitpunkt 06.10.2013 liegt mit 0,9 g zu 1,70 g um 47% niedriger als bei den großen, somit ist das Gesamtgewicht der kleinen Beeren auch entsprechend niedriger, weshalb bei den Großversuchen mit einer Trenngrenze von 13 mm gearbeitet wurde.

3.1.2. Großversuch

Bei Betrachtung der Massenbilanz (vgl. Abbildung 3) zeigt sich, dass die Aufgabe zwei gleichgroße Partien zu sortieren mit 32 zu 33% w/w erfüllt wird. Die Genauigkeit der Sortierung liegt bei den kleinen Beeren bei 80 und bei den großen bei 89%.

Tabelle 3. Beeren- und Mostanalysen der Varianten kleine Beeren und große Beeren der Rebsorte Weißburgunder zu den Terminen 16.09.2013 und 06.10.2013 des Vorversuchs Beerengröße.

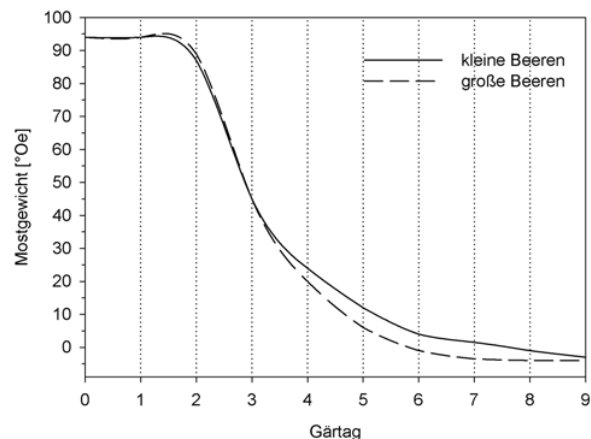
Parameter	16.09.2013		06.10.2013	
	kleine Beeren	große Beeren	kleine Beeren	große Beeren
Gesamtanzahl [%]	70	30	53	47
Gesamtgewicht [%]	54	46	37	63
Beerengewicht [g]	0,87	1,35	0,90	1,70
Mostgewicht [°Oe]	83,4	78,8	100,6	101,4
Gesamtsäure [g L ⁻¹]	9,33	9,41	7,33	7,31
Weinsäure [g L ⁻¹]	4,93	4,95	4,30	3,58
Äpfelsäure [g L ⁻¹]	4,40	4,46	3,03	3,73
pH-Wert []	3,11	3,09	3,11	3,13
NOPA [mg L ⁻¹]	95	127	178	210

**Abbildung 3.** Massenbilanz der Sortierung nach Beerengröße Varianten kleine Beeren und große Beeren der Rebsorte Weißburgunder zum Lesetermin am 09.10.2013.**Tabelle 4.** Mostanalysen der Varianten kleine Beeren und große Beeren der Rebsorte Weißburgunder zum Lesetermin am 09.10.2013.

Parameter	kleine Beeren	große Beeren
Gesamtgewicht [kg]	140	145
Mostgewicht [°Oe]	94	94
Gesamtsäure [g L ⁻¹]	9,10	9,50
Weinsäure [g L ⁻¹]	5,90	5,70
Äpfelsäure [g L ⁻¹]	3,70	4,10
pH-Wert []	3,27	3,23
NOPA [mg L ⁻¹]	212	235

Diese Abweichungen erklären sich aus dem Bestreben zwei gleichgroße Partien zu erzeugen, so dass während der Sortierung die Größenverteilung angepasst werden musste. Auffällig ist der Gesamtverlust von 16% w/w an Most, der sich aber aufgrund des Prototyps und der Arbeitsweise erklären lässt.

Die Analysen der vorgeklärten Moste sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Die Unterschiede sind aufgrund der angestrebten Aufteilung in zwei gleichgroße Partien weniger deutlich als in den Vorversuchen (vgl. Tabelle 3). So ist das Mostgewicht beider Varianten identisch. Bei der titrierbaren Gesamtsäure weisen die großen Beeren

**Abbildung 4.** Gärverlauf der Varianten kleine Beeren und große Beeren der Rebsorte Weißburgunder im Jahr 2013.

mit 9,50 g L⁻¹ 0,4 g L⁻¹ mehr Säure auf als die kleinen, was über den höheren Äpfelsäuregehalt der größeren Beeren zu erklären ist. Der Weinsäuregehalt ist wie bei den Vorversuchen bei den kleinen Beeren höher, fällt mit 0,2 g L⁻¹ jedoch geringer aus. Der pH-Wert beider Varianten ist vergleichbar, dagegen der hefeverfügbare Stickstoff mit 235 mg L⁻¹ zu 212 mg L⁻¹ bei den großen Beeren höher.

Es kann nur spekuliert werden, in wie weit sich dieser höhere hefeverfügbare Stickstoff auf die Gärung auswirkt. Es zeigt sich jedoch, dass die Variante große Beeren im Gärverlauf (vgl. Abbildung 4) ab dem vierten Gärtag einer schnelleren Mostgewichtsabnahme unterliegt.

Auch der verbleibende geringere Rest an vergärbarem Zucker von 0,4 zu 1,6 g L⁻¹ belegt die vollständigere Gärung. Im Gegensatz zum Most sind die Gehalte an titrierbarer Gesamtsäure beider Varianten mit 8,65 g L⁻¹ identisch (vgl. Tabelle 5).

Da keine malolaktische Gärung stattgefunden hat, lässt sich diese Säureminderung im Vergleich zum Most über den Weinsteinanfall und die damit verbundene Weinsäureverminderung erklären, die bei beiden Varianten im Vergleich zum Moststadium um 1 g L⁻¹ beträgt. Somit weisen die Weine aus kleinen Beeren einen größeren Weinsäure- und einen kleineren Äpfelsäureanteil auf als die Weine aus großen Beeren.

Tabelle 5. Weinanalysen der Varianten kleine Beeren und große Beeren der Rebsorte Weißburgunder im Jahr 2013.

Parameter	kleine Beeren	große Beeren
vorhandener Alkohol [% v/v]	13,1	13,2
vergärbare Zucker [g L ⁻¹]	1,6	0,4
Gesamtsäure [g L ⁻¹]	8,65	8,65
Weinsäure [g L ⁻¹]	4,90	3,90
pH-Wert []	3,25	3,25
zuckerfreier Extrakt [g L ⁻¹]	23,1	22,8
Gesamtphenole [mg L ⁻¹]	269	260

Der um 0,3 g L⁻¹ höhere zuckerfreie Extrakt des Weines aus kleinen Beeren ist als gering einzustufen und eventuell über den höheren Anteil der in der Beerenhaut lokalisierten Mineralstoffe, wie Kalium, zu erklären. Auch der Gesamtphenolgehalt ist mit 9 mg L⁻¹ als vergleichbar anzusehen.

Die vergleichbaren analytischen Werte spiegeln sich auch in der Sensorik wider. Beim durchgeführten Dreieckstest haben 8 von 14 Prüfern ($P = 0,31 \geq 0,05$) die Varianten kleine und große Beeren differenzieren können.

Somit muss aufgrund der Ergebnisse davon ausgegangen werden, dass es zwischen den Weinen aus kleinen und großen Beeren im Falle der vorliegenden Untersuchung bei einem 2013er Weißburgunder aus dem Rheingau/Deutschland keine analytischen und sensorischen Unterschiede gibt. Die Ergebnisse der Vorversuche zeigen jedoch, dass es unter Einhaltung einer klaren Trenngrenze möglich ist, Moste bzw. Weine unterschiedlicher Zusammensetzung aus kleinen und großen Beeren zu gewinnen und so den Weinstil zu beeinflussen. Weiter wird verdeutlicht, dass mit einer optischen Sortieranlage eine ausreichend genaue Trennung von Beeren unterschiedlicher Größe möglich ist.

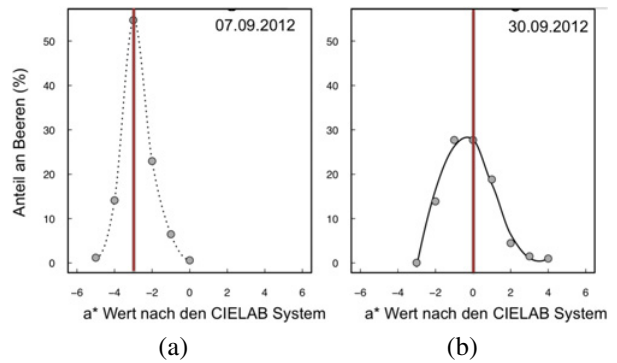
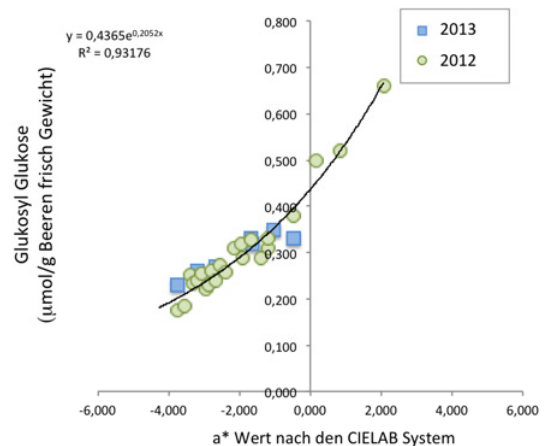
3.2. Beerenfarbe

3.2.1. Vorversuch

Abbildung 5 zeigt die Farbverteilung des a*-Farbwerts des CIELab-System der Weißburgunder-Beeren zu den beiden Terminen 07.9.2012 und 30.09.2012. Es wird deutlich, dass die Farbe der Beeren von grün (negative a*-Wert) nach gelb-rot (positive a*-Wert) sich mit der Reife verschiebt. Beim Vergleich der beiden Termine wird gleichzeitig ersichtlich, dass mit zunehmender Reife auch die der Farbvariabilität zunimmt.

Die nach a*-Wert sortierten Beeren wurden auf Mostgewicht, glycosidisch gebundene Glucose (GG-Werte) und Gesamtphenole analysiert.

Hinsichtlich des Mostgewichts konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Dagegen zeigt Abbildung 6, dass ein Anstieg der GG-Werte mit zunehmender Verfärbung zu beobachten ist. Da die Gesamtphenole nicht mit den GG-Werten ansteigen, kann angenommen werden dass durch eine Sortierung von Weißburgunder-Beeren nach Farbe im grün-rot Bereich sich die Aromausprägung der aus ihnen gewonnenen Weine variieren lässt.

**Abbildung 5.** Relative Häufigkeit der Beerenfarbe nach a*-Wert nach der CIELab System der Weißburgunder-Beeren an den Terminen (a) 07.09.2012 (b) 30.09.2012.**Abbildung 6.** Korrelation des a*-Farbwerts des CIELab-Systems mit glycosidisch gebundenen Aromavorstufen (GG als $\mu\text{mol g}^{-1}$ Beerenfrischgewicht) für Beerenhomogenisat aus Weißburgunder-Beeren für die Jahre 2012 und 2013.

3.2.2. Großversuch

Das Sortierergebnis der in Abbildung 7 zusammengefassten Massenbilanz der Beerenfarbe bestätigt mit einer Genauigkeit von 99% bei den gelben und 96% bei den grünen Beeren die hervorragende Selektionsleistung der Sortieranlage. Mit je 33% w/w Anteil von grünen und gelben Beeren wurde auch die Aufgabe gleich große Partien zu erzeugen, erfüllt. Wie bereits bei dem Versuch Beerengröße fällt der hohe Gesamtmostverlust von 16% w/w auf, der zum einen auf die zwei Durchgänge durch die Sortieranlage und zum anderen auf die Pilotanlage selbst und deren mittlerweile behobenen konstruktiven Mängel zurückzuführen ist.

Bei der in Tabelle 6 dargestellten Mostanalyse fallen vor allem die Gesamtsäurewerte auf. Hier weisen die gelben Beeren mit 9,21 g L⁻¹ einen um 0,38 g L⁻¹ höheren Gehalt auf als die grünen Beeren.

Die Einzelsäuren zeigen ein differenziertes Bild. Die Moste der Variante grünen Beeren haben mit 4,90 g L⁻¹ einen niedrigen Gehalt an Weinsäure, dagegen weisen sie eine um 0,72 g L⁻¹ höhere Äpfelsäurekonzentration auf. Mostgewicht, pH-Wert und NOPA-Gehalt sind für beide Varianten als gleich anzusehen.

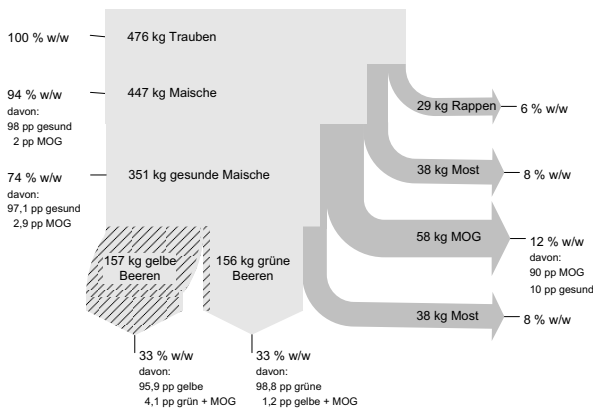


Abbildung 7. Massenbilanz der Sortierung nach Beerenfarbe der Varianten grüne Beeren und gelbe Beeren der Rebsorte Weißburgunder zum Lesetermin am 09.10.2013.

Tabelle 6. Mostanalysen der Varianten grüne Beeren und gelbe Beeren der Rebsorte Weißburgunder zum Lesetermin am 09.10.2013.

Parameter	grüne Beeren	gelbe Beeren
Gesamtgewicht [kg]	156	157
Mostgewicht [°Oe]	93	94
Gesamtsäure [g L ⁻¹]	9,83	9,21
Weinsäure [g L ⁻¹]	4,90	5,20
Äpfelsäure [g L ⁻¹]	4,80	4,08
pH-Wert []	3,31	3,32
NOPA [mg L ⁻¹]	213	212

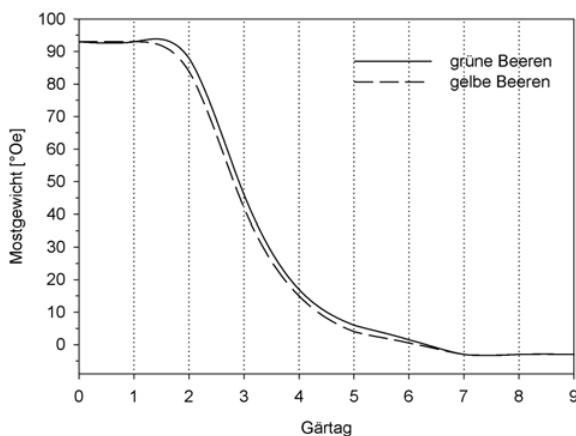


Abbildung 8. Gärverlauf der Varianten grüne Beeren und gelbe Beeren der Rebsorte Weißburgunder im Jahr 2013.

Diese vergleichbaren Mostwerte spiegeln sich auch in einem vergleichbaren Gärverlauf (vgl. Abbildung 8), dem vorhandenen Alkohol und dem vergärbaren Zuckerrest wider (vgl. Tabelle 7).

Mit 8,4 g L⁻¹ zu 8,5 g L⁻¹ hat sich die titrierbare Gesamtsäure zwischen den grünen und gelben Beeren im Vergleich zu den Mostwerten angepasst. Diese Anpassung ist über den Weinsteinausfall und die dadurch zu beobachtende Veränderung der Weinsäure zu erklären. Lediglich die Gesamtphenole der Weine aus gelben Beeren weisen mit 289 mg L⁻¹ einen um 15 mg L⁻¹ höheren Wert als die Weine aus grünen Beeren auf. Diese Unterschiede

Tabelle 7. Weinanalysen der Varianten grüne Beeren und gelbe Beeren der Rebsorte Weißburgunder im Jahr 2013.

Parameter	grüne Beeren	gelbe Beeren
vorhandener Alkohol [% v/v]	13,1	13,1
vergärbare Zucker [g L ⁻¹]	0,3	0,7
Gesamtsäure [g L ⁻¹]	8,4	8,5
Weinsäure [g L ⁻¹]	3,9	4,3
pH-Wert []	3,30	3,30
zuckerfreier Extrakt [g L ⁻¹]	23,3	23,6
Gesamtphenole [mg L ⁻¹]	274	289

haben sensorisch keine Auswirkungen, was die Ergebnisse des Dreieckstest belegen. Die 4 richtigen Antworten bei 14 Prüfern ($P = 0,74 \geq 0,05$) verdeutlichen, dass die Prüfer die Weine aus den Varianten grüne und gelbe Beeren nicht unterscheiden können.

Aufgrund der dargestellten Ergebnisse kann zwischen Weinen aus grünen und gelben Beeren im Falle der vorliegenden Untersuchung bei einem 2013er Weißburgunder aus dem Rheingau/Deutschland keine analytischen und sensorischen Unterschiede konstatiert werden.

4. Fazit

Die in der vorgestellten Untersuchung verfolgte Fragestellung, welchen Einfluss Beerengröße und -farbe bei der Rebsorte *Vitis vinifera L. cv. Weißburgunder* auf die Inhaltsstoffe der Beere nehmen und welche Möglichkeiten sich durch einen gezielten Weinausbau nach den beiden Parametern Größe und Farbe für die Weinstilistik und die Weinqualität ergeben können, kann bedingt beantwortet werden.

So bestätigen die Vorversuche des Parameters **Beerengröße** den Einfluss auf die Konzentration bestimmter Beereninhaltsstoffe. Es ist eine Differenzierung bei der Wein- und Äpfelsäure zu erkennen. Die Moste, die aus den kleineren Beeren gewonnen wurden, weisen eine deutlich geringere Äpfelsäure auf, was über eine schnellere Erwärmung dadurch hervorgerufene stärkere Dissimilation erklärt werden kann. Auch der höhere Weinsäuregehalt kann über die vermutete beschleunigte Reife der kleineren Beeren erklärt werden. Dagegen sprechen der Zucker in Form des Mostgewichts und der höhere NOPA-Gehalt der Moste aus großen Beeren gegen die Vermutung eines Reifevorsprungs kleinerer Beeren. Da beide Inhaltsstoffe vorwiegend im Bereich des Fruchtfleisches vorkommen, ist jedoch eine Überlagerung des Reifeeffektes durch den aufgrund der Beerengröße höheren Fruchtfleischanteil zu erklären.

Die im Rahmen des Großversuchs zur Beerengröße durchgeführten Mostanalysen bestätigen die Ergebnisse der Vorversuche in den Aussagen des Mostgewichts, der Äpfelsäure und des Gehaltes an hefeverfügbarem Stickstoff. Bei der Weinsäure lassen sich auch größere Konzentrationen bei den Mosten aus kleinen Beeren nachweisen, doch nicht in der Höhe wie im Vorversuch. Auch die Weinanalysen verhalten sich konform. Der zusätzlich bestimmte Gesamtphenolgehalt weist zwar höhere Werte bei den Weinen aus kleineren Beeren auf,

doch fallen diese mit 9 mg L^{-1} vernachlässigbar gering aus, so dass sich auch in der Sensorik keine absicherbaren Unterschiede feststellen lassen.

Auch bei dem Vorversuch der **Beerenfarbe** zeigt sich vor allem bei dem hier dargestellten Verlauf der glycosidisch gebundenen Aromavorstufen ein starker Zusammenhang mit der gelb-rötlichen Beerenfarbe. Die Mostanalysen des Großversuches zeigen jedoch, dass diese reifeabhängige Bildung der Aromavorstufen nicht gleichbedeutend mit der Erhöhung weiterer Reifeindikatoren wie Mostgewicht und hefeverfügbarem Stickstoff ist, da die Moste aus grünen und gelben Beeren vergleichbare Mostgewichte und NOPA-Gehalte aufweisen. Die titrierbare Gesamtsäure zeigt dagegen den erwarteten Verlauf. Sie ist bei den grünen Beeren höher. Wobei sich die Hauptsäuren unterschiedlich verhalten. Die Äpfelsäure ist bei Mosten aus gelben Beeren stärker vermindert. Hierfür wird die für die Verfärbung verantwortliche intensivere Strahlenexposition dieser Beeren und die dadurch erhöhte Erwärmung der Beeren und die beschleunigte Veratmung verantwortlich gemacht. Die Weinsäure ist dagegen bei den Mosten aus gelben Beeren etwas höher. Nach der Gärung kommt es zum Angleichen beider Varianten, so dass auch bei der Beerenfarbe zwischen den Weinen aus grünen und gelben Beeren kein signifikanter Unterschied festgestellt werden kann. Auch der um 15 mg L^{-1} höhere Gesamtphenolgehalt der Weine aus gelben Beeren beeinflusst das Ergebnis nicht.

Die in der Literatur gefundenen Erkenntnisse und die bei den vorgestellten Vorversuchen gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass Beerengröße sowie -farbe geeignet sind, um den Weinstil auch bei Weißweinträumen über eine Sortierung nach diesen Kriterien zu beeinflussen. Auch haben die Versuche gezeigt, dass die Sortiertechnik in der Lage ist, diese Aufgabe mit für die Praxis mehr als ausreichender Zufriedenheit zu erfüllen. Dass dieses Ziel bei den hier vorgestellten Großversuchen nicht belegt werden konnte, lässt sich über die bewusst angestrebten zwei gleichgroßen Partien erklären. Bei stärkerer Ausnutzung der in den Vorversuchen beobachteten Variabilität sowohl der Beerengröße als auch der -farbe, lassen sich, wie nicht dargestellte Untersuchungen belegen, größere Unterschiede in den genannten Analyseparametern erzeugen, die sich dann vermutlich auch auf den Weinstil auswirken werden. In weiteren Versuchen soll deshalb mit größeren Traubenmengen gearbeitet werden, die dann einen praxisrelevanten Weinausbau ermöglichen.

Literaturhinweise

- [1] R. Dambergs, M. Gishen, D. Cozzolino, *Applied Spectroscopy Reviews* **50**, 17 (2015)
- [2] M. Urbano-Cuadrado, M.D. Luque de Castro, P.M. Pérez-Juan, J. Garcia-Olmo, M.A. Gómez-Nieto, *Analytica Chimica Acta* **527**, 7 (2004)
- [3] J. Herrera, A. Guesalaga, E. Agosin, *Measurement Science and Technology* **14**, 8 (2003)
- [4] M. Larrain, A. Guesalaga, E. Agosin, *IEEE Trans. Instrum. Meas.* **57**, 2 (2008)
- [5] V. González-Caballero, D. Pérez-Marín, M.-I. López, M.-T. Sánchez, *Sensors* **11**, 12 (2011)
- [6] B. Kemps, L. Leon, S. Best, J. de Baerdemaeker, B. de Ketelaere, *Biosystems Engineering* **105**, 4 (2010)
- [7] R. Ferrer-Gallego, J.M. Hernández-Hierro, J.C. Rivas-Gonzalo, M.T. Escribano-Bailón, *LWT - Food Science and Technology* **44**, 4 (2011)
- [8] M. Lafontaine, Z. Bockaj, M. Freund, K.U. Vieth, C. Negara, *Optical Characterization of Materials* **2**, 14 (2015)
- [9] G. Roby, M.A. Matthews, *Australian J. Grape and Wine Research* **10**, 74–82 (2004)
- [10] M.A. Matthews, V. Nuzzo, *Acta Horticulturae* **754**, 423–435 (2007)
- [11] G. Roby, J.F. Habertson, D.O. Adams, M.A. Matthews, *Australian J. Grape and Wine Research* **10**, 100–107 (2004)
- [12] B.G. Coombe, M. Bovio, A. Schneider, *J. Exp. Bot.* **38**, 1789–1798 (1987)
- [13] H.R. Schultz, *Das Deutsche Weinmagazin* **18**, 40–43 (2003)
- [14] B.G. Coombe, *Acta Horticulturae* **206**, 1–13 (1987)
- [15] P.G. Iland, B.G. Coombe, *Am. J. Enol. Vitec.* **39**, 71–76 (1988)
- [16] H.R. Schultz, S. Kraml, U. Werwitzke, T. Zimmer, J. Schmid, *Am. J. Enol. Vitec.* **51**, 185–190 (2000)
- [17] F. Champagnol, *Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale* (1984)
- [18] J. Marais, D. van Schalkwyk, *F. October, Wynober* (2005)
- [19] M. Lafontaine, M. Freund, *Optical Characterization of Materials* **1**, 115–126 (2013)
- [20] D. Lehmann, M. Lafontaine, B. Gruber, H.R. Schultz, *Der Deutsche Weinbau* **5**, 24–25 (2011)
- [21] B.W. Zoecklein, T.K. Wolf, J.E. March, Y. Jasinski, *Am. J. Enol. Vitec.* **49**, 34–43 (1998)
- [22] B.W. Zoecklein, T.K. Wolf, S.E. Duncan, J.E. Marcy, Y. Jasinski, *Am. J. Enol. Vitec.* **49**, 259–265 (1998)
- [23] A. Deloire, *PW Journal* 2–5 (2012)
- [24] B.C. Duke, C.E. Butzke, *Am. J. Enol. Vitec.* **49**, 125–134 (1998)
- [25] U. Werwitzke, *Geisenheimer Bericht* **52**, 234 (2003)

Danksagung



Gefördert durch:
 Bundesministerium
 für Wirtschaft
 und Technologie
 aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

Dieses Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.