

# Lichteinfluss bei der Lagerung von Wein

RAINER JUNG, MIRJAM HEY, DIETER HOFFMANN, TIMO LEINER, CLAUS-DIETER PATZ, DORIS RAUHUT, CHRISTOPH SCHÜSSLER, MATHIAS WIRSCHING

Forschungsanstalt Geisenheim  
D-65366 Geisenheim, Von-Lade-Straße 1  
E-mail: r.jung@fa-gm.de

*Der generelle Einfluss von Licht auf chemische Reaktionen ist seit langem bekannt. Auch bei Getränken ist Licht für bestimmte Reaktionen verantwortlich, die das Geruchs- und Geschmacksbild verändern. Neben der Empfindlichkeit des Getränks selbst sind Lichtart und Lichtmenge und die direkte und indirekte Verpackung wesentliche Einflussfaktoren auf den Grad der Lichtschädigung. Auch wenn bereits in der Vergangenheit der Lichteinfluss auf Wein bzw. Schaumwein untersucht wurde, war es in den Jahren 2005 und 2006 aufgrund verschiedener Neuerungen erneut notwendig, Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der Glasindustrie durchzuführen. Zunächst wurden in unterschiedlichen Licht- und Lagersituationen und unter Verwendung unterschiedlicher Glasfarben die analytischen und sensorischen Veränderungen von Wein untersucht. In weiteren Versuchen kam der Effekt von UV-Schutzbehandlungen von Glas bei unterschiedlichen Weinen zur Prüfung. Neben den theoretischen Grundlagen photochemischer Reaktionen werden aktuelle Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen dargestellt.*

**Schlagwörter:** Wein, Flaschenlagerung, Flaschenfarbe, Lichteinfluss, chemische Analysen, sensorische Analysen

*Influence of light during wine storage. The general influence of light on chemical reactions is well known. In beverages light is the reason for negative influences on the flavour and odour of the product. Besides the sensitivity of the beverage itself influencing parameters on "light-struck" are the light quality and light quantity and the packaging material of the product. The influence of light on wine and sparkling wine was already analyzed in the past but due to innovations it was necessary to perform new investigations in the year 2005 and 2006 in cooperation with the glass-industry. In a first step the analytical and sensory changes in 'Riesling' wine caused by storage of bottles in different colours and under varying light and temperature exposition were examined. In a further study the effect of "UV-protection" treatments on white glass bottles with white and rosé wines was analyzed. Besides the theoretical principles of photochemical reactions this paper presents the results of the described two studies.*

**Keywords:** wine, bottle storage, bottle colour, light influence, chemical analysis, sensory analysis

*L'influence de la lumière dans le stockage du vin. L'influence générale de la lumière sur les réactions chimiques est connue depuis longtemps. Sur les boissons également, la lumière est responsable de différentes réactions qui en modifient l'odeur et le goût. Outre la sensibilité de la boisson elle-même, le genre et la quantité de la lumière ainsi que l'emballage direct et indirect sont des facteurs d'influence importants sur le degré des dommages causés par la lumière. Même si l'influence de la lumière sur les vins et/ou sur les vins mousseux a été examinée déjà par le passé, il a été nécessaire de nouveau en 2005 et 2006, suite aux différentes innovations, d'effectuer des essais en coopération avec l'industrie du verre. Tout d'abord, on a examiné les modifications analytiques et sensorielles du vin dans différentes situations lumineuses et de stockage, en utilisant des verres de différentes couleurs. L'effet des traitements protecteurs du verre aux rayons UV a été examiné au cours d'autres essais pour différents vins. À part les fondements théoriques des réactions photochimiques, les résultats actuels des essais effectués sont représentés.*

**Mots clés :** vin, stockage en bouteille, couleur de la bouteille, influence de la lumière, analyses chimiques, analyses sensorielles

Im Verlauf der Lagerung wirken verschiedene Einflussfaktoren auf den Verpackungsinhalt und tragen somit

zur Veränderung und Entwicklung bei. Neben den chemischen und enzymatischen Veränderungen, die abhän-

gig von den Getränkeinhaltsstoffen stattfinden, wirken auch die äußeren Lagerbedingungen auf die Entwicklung des Füllgutes. So sind insbesondere der deutliche Einfluss erhöhter Lagertemperaturen und die damit einhergehende beschleunigte Entwicklung von abgefüllten Getränken bekannt. Daneben ist der Einfluss von Licht kurzer Wellenlängenbereiche in der Getränkeindustrie insbesondere bei Milch, alkoholfreien Erfrischungsgetränken und Bier gefürchtet (PERSCHIED et al., 1978).

Bereits in der Vergangenheit wurde der Lichteinfluss auf Wein bzw. Schaumwein untersucht (PERSCHIED et al., 1978; MAUJEAN et al., 1978; SCHORK, 1980; SCHÄFER, 1991). Hier wurden wichtige, grundlegende Ergebnisse bezüglich der genannten Einflussfaktoren erarbeitet.

Vor dem Hintergrund der Veränderungen in der Wein- und Glasindustrie, insbesondere der Verwendung eines breiten Farbspektrums an Glasflaschen und der Entwicklung so genannter "UV-Schutzbehandlungen" für Weißglas, wurden die Auswirkungen von Licht während der Weinlagerung in den Jahren 2005 bis 2007 erneut untersucht. Die Untersuchungen fanden dabei mit Weißwein ('Riesling') und Roséwein bei gleichzeitiger Veränderung der Flaschenfarben, dem Einsatz von UV-Schutzsystemen und unter unterschiedlichen Lagerbedingungen statt. Neben analytischen wurden auch sensorische Beurteilungskriterien zur Versuchsauswertung herangezogen.

Licht ist eine Erscheinungsform von Energie, die der Planck'schen Beziehung unterliegt. Das bedeutet, dass die Höhe der Energie proportional zur Frequenz bzw. umgekehrt proportional zur Wellenlänge ist. Licht kurzer Wellenlänge hat demnach eine höhere Energie als langwelliges Licht. Nachfolgend ist die Energie von Licht unterschiedlicher Längenwellen dargestellt.

Tab. 1: Energie von Licht unterschiedlicher Wellenlängen (SCHORK, 1980, modifiziert)

Wellenlänge (nm)	100	200	300	400	500	600	700	800
Molare Strahlungsenergie (kcal/Mol)	286	144	95	71	57	48	41	36

Die im Licht enthaltene Energie kann verschiedene chemische Reaktionen auslösen. So können Reaktionen durch Lichteinfluss in Gang gesetzt oder beschleunigt werden. Insbesondere durch kurzwelliges UV-Licht kann es, unterstützt durch vorhandene Katalysatoren (Metalle, Enzyme), auch zur "Photolyse", d. h. der

Lichtspaltung von Molekülen kommen. Moleküle sind normalerweise durch Dipolkräfte (Van der Waal'sche Kräfte), Wasserstoffbrückenbindungen oder durch Elektronenpaarbindungen (Kovalenzbindungen) miteinander verbunden. Die für die Spaltung von Molekülen notwendige Dissoziationsenergie entspricht zum Teil der Energie, die durch auftreffendes Licht kurzer Wellenlängenbereiche beispielsweise auf den Getränkeinhalt wirkt (Tab. 2).

Tab. 2: Bindungsdissoziationsenergien von Molekülen (SCHORK, 1980, modifiziert)

Bindung	Bindungsdissoziationsenergie (kcal/Mol)
H - CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	96
H - CH <sub>3</sub>	102
HO - H	117,5
HOO - H	90
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> - H	102

Als besonders "lichtempfindlich" sind aus dem Getränkebereich Milch, Bier und Fruchtsaft bzw. Erfrischungsgetränke bekannt (PERSCHIED et al., 1978).

Bereits nach kurzer Bestrahlung mit Licht aus dem sichtbaren Bereich erfolgt in Milch eine Spaltung bzw. der Abbau von Vitaminen, Eiweißen und Lipiden. Sensorisch bewirken diese Veränderungen einen "verbrannten", "malzigen" und "ranzigen" Geruchs- und Geschmackseindruck. Auch bei Bier kann eine Schädigung bereits durch das Einwirken von sichtbarem Licht zu Trübungen, Farbvertiefungen und insbesondere der Bildung von 3-Methyl-2-buten-1-thiol (MBT) aus Humulon und Lupulon führen. Durch Lichteinfluss veränderte Biere werden als "gealtert", "oxidativ" und "ölig" beschrieben. Der Geschmacksschwellenwert von MBT liegt bei 0,03 µg/l.

Durch die Oxidation von Carotinoiden entstehen bei orangensafthaltigen Fruchtsäften und Getränken "Anis- oder Seifentöne", bei zitrusshaltigen Getränken ist auch die Bildung von "Stroh- und Lacttönen" infolge der lichtkatalysierten Bildung von Peroxiden bekannt.

In Schaumweinen aus der Champagne wurde von MAUJEAN et al. (1978) eine Verminderung des Redoxpotenzials mit der Folge einer erhöhten Bildung von Thiolgruppen festgestellt. PERSCHIED et al. (1978) stellten bei intensiven Bestrahlungsversuchen mit Xenonhochdrucklampen (mit erhöhtem Energieinhalt im UV-A Bereich) bei Wein Farbintensitätsverluste und Verände-

rungen in der Konzentration der Zusammensetzung der Aromastoffe fest, die aber nicht zu signifikanten sensorischen Veränderungen führten.

## Material und Methoden

In zwei Versuchsreihen wurde vom Fachbereich Kellerwirtschaft der Forschungsanstalt Geisenheim die Wirkung unterschiedlicher Lichtintensitäten auf Wein untersucht.

Zunächst wurde ein Spätlesewein der Sorte 'Riesling', Jahrgang 2003, im Juni 2004 in sieben unterschiedlich eingefärbte 0,75 l-Weinflaschen (weiß, halbweiß, lichtgrün, feuille-morte, antikgrün, antikblau, braun) und unter fünf unterschiedlichen Lagerbedingungen (Variation von Temperatur mit 15 °C und 25 bis 30 °C und Lichteinfluss) untersucht. Da die gewünschte Differenzierung der Flaschenfarben nur in mit Wein gefüllten Flaschen darstellbar war, wurden zur Minimierung des Einflusses durch den verwendeten Flaschenverschluss Kunststoffstopfen beim Verschließen eingesetzt. Die Lagerzeit betrug zwölf Monate, die Proben wurden in zweimonatigem Rhythmus untersucht.

In einer zweiten Versuchsreihe wurden im Juni 2006 ein 'Riesling'-Qualitätswein (2005) und ein Rosé-Qualitätswein (2005) in 0,33 l-Bierflaschen mit Kronenkork verschlossen abgefüllt. Die Lagerung der Proben erfolgte in ebenfalls sieben Flaschenglasvarianten, wobei hier neben der Flaschenfarbe auch eine Veränderung des Glases infolge von UV-Schutzbehandlungen stattfand. Im Einzelnen wurden die Varianten "Weißglas", "Weißglas mit drei verschiedenen UV-Schutzsystemen", "Grünglas", "Blauglas" und "Brauglas" geprüft. Die Proben wurden bei vier unterschiedlichen Lichtverhältnissen unter gleichzeitiger Beibehaltung einer Lagertemperatur von 15 bis 17 °C sechs Monate lang gelagert und im Abstand von zwei Monaten analysiert.

Neben der eigentlichen Lichtmessung bei den unterschiedlichen Lagersituationen mit einem Spektralradiometer (LI-COR 1800, Fa. Licor Inc.) zur Messung der spektralen Verteilung des einfallenden Lichts und einem Luxmeter (Standard Luxmeter 3065, Fa. Dr. Lange) zur Bestimmung der Lichtstärke wurden die unterschiedlichen Gläser hinsichtlich der Absorption bzw. Transmission von Licht unterschiedlicher Wellenlängen untersucht. Die eingelagerten Weine wurden nach unterschiedlichen Lagerzeiten weinanalytisch hinsichtlich der Grundparameter mittels FTIR (Winescan FT 120, Fa. Foss Electric) geprüft (PATZ et al., 1999). Außerdem

wurden die SO<sub>2</sub>-Gehalte mittels Flussinjektionsanalyse (FIA-Star, Fa. Foss Electric), die Farbe photometrisch bei (420 nm, 520 nm, 620 nm) und mit dem L\*a\*b\*-System (CIELAB) und die Veränderungen von Aromastoffen mittels GC-MS (Agilent Technologies 6890N) nach Festphasenextraktion und Flüssig-flüssig-Extraktion in Anlehnung an die Methoden von ORTEGA et al. (2001) und LOPEZ et al. (2002) analysiert. Mit dem geschulten Prüferpanel der Forschungsanstalt Geisenheim wurden die Weine im Rahmen von Rangordnungsprüfungen (DIN 10963) und Dreieckstests (DIN 10951) bei den Untersuchungsterminen auch sensorisch beurteilt.

## Ergebnisse

### Messungen zur Wellenlängenverteilung und Lichtintensität

Zur Beschreibung der bei den unterschiedlichen Lagerverhältnissen vorherrschenden Lichtverhältnisse wurden das Lichtspektrum mit einem Spektralradiometer und die Lichtstärke mit einem Luxmeter untersucht.

Die x-Achse im Diagramm zeigt auf, in welchem Längenwellenbereichen die Lichtstrahlung liegt, und die y-Achse zeigt die Lichtintensität, ausgedrückt in Watt/m<sup>2</sup>, an.

Die beiden oberen Linien des Diagramms stehen für die Lichtzusammensetzung und -intensität einer Lagervariante unter sehr starker (unüblicher) Lichteinstrahlung

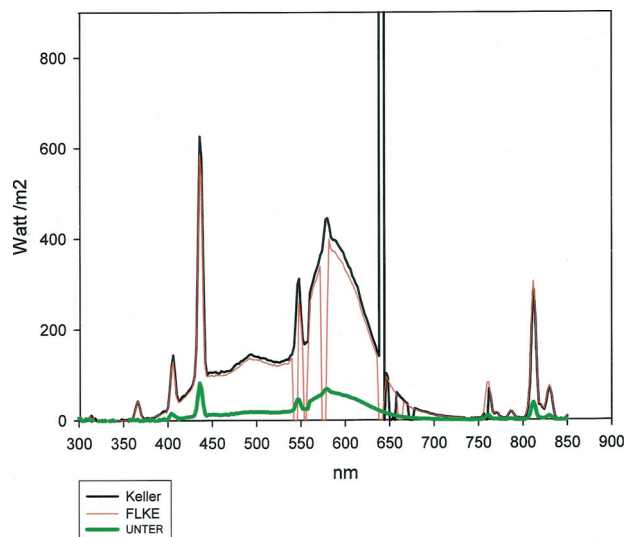


Abb. 1: Untersuchung von Lichtspektren mittels Spektralradiometer (WIRSCHING, 2005)

durch handelsübliche Leuchtstoffröhren ("Cool White") in einer speziell eingerichteten "Lichtkammer" im Flaschenlager. Die Messsonden wurden dabei einmal direkt ins Licht gehalten (dicke, obere bzw. schwarze Linie) und einmal wurde neben der Lichtquelle gemessen (dünne, mittlere bzw. rote Linie). Bei näherer Betrachtung der oberen beiden Linien ist zum einen deutlich zu erkennen, dass in dem für den Menschen sichtbaren Wellenlängen-Bereich von 400 bis 800 nm das Licht wesentlich heller bzw. kräftiger war als in den darunter oder darüber liegenden Wellenlängenbereichen. Weiterhin wird deutlich, dass in bestimmten Wellenlängen-Bereichen (z.B. bei 430 bis 450 nm) deutliche Intensitätsspitzen auftraten, was sehr typisch für Neonleuchtstoffröhren ist. Die flachere, untere (grüne) dicke Linie, welche für die Messung einer Lagervariante mit einer schwächeren Lichteinwirkung, vergleichbar einer Regalsituation in einem Handelsgeschäft, steht, zeigt nur eine geringe Steigerung der Lichtstärke im sichtbaren Bereich. Auch die Intensitätsspitzen durch Neonröhrenlicht fallen deutlich geringer aus, was darauf zurückzuführen ist, dass sich die gesamte Lichtsituation hier durch das natürliche Tageslicht und Neonröhrenlicht zusammensetzte.

Zur Bestimmung der Lichtintensität wurden Messungen mit einem Luxmeter (Messbereich im für den Menschen sichtbaren Bereich zwischen 380 und 780 nm) durchgeführt. Die Untersuchungen wurden dabei nicht nur in den teilweise simulierten Lichtsituationen im Rahmen der Versuchsdurchführung angestellt, sondern auch unter Praxisbedingungen an Weinverkaufsstellen gemessen (Tab. 3).

Bei den Messungen konnte festgestellt werden, dass die Lichtintensität hauptsächlich durch die Ausrichtung der Messsonde beeinflusst wird. Einen etwas geringeren Einfluss hatte bei den Messungen die Entfernung des bestrahlten Objektes zur Lichtquelle. Bei Leuchtstoffröhren, die in den meisten Fällen als Lichtquelle dien-

ten, war außerdem noch eine Steigerung der Lichtintensität vom äußersten Rand der Röhre zur Mitte hin um 0,5 k Lux festzustellen, jedoch nur bei Messungen, die in unmittelbarer Nähe der Röhre (bis maximal 30 cm Abstand) gemacht wurden.

### Lichttransmission bei unterschiedlichen Glasfarben und UV-Schutzbehandlungen

Unter "Lichttransmission" wird der Teil des Lichts verstanden, der durch die Glasmaterie hindurch gelassen wird, daneben gibt es noch den Teil der reflektiert (Farberscheinung) oder absorbiert wird (auf die Materie wirkt).

Der "Transmissionsgrad" ist eine Größe, die in Prozent angegeben wird, wobei ein Messstrahl, der frei durch ein Photometer geht, mit einem solchen verglichen wird, der durch die Glasmaterie geschickt wird.

Gefärbte Gläser entstehen durch so genannte "Oxidfärbung" mit Metalloxiden und zeigen eine erhöhte Absorption bzw. verringerte Transmission. Weiterhin gilt das Lambert-Beer-Gesetz, welches beschreibt, dass die Höhe der Absorption eines Glases proportional zu dessen Schichtdicke ist.

Im Rahmen der angestellten Untersuchungen wurden Glasscherben der im Versuch verwendeten Flaschen in einem Spektralphotometer analysiert und zwei Transmissionskurven, einmal mit der Scherbe konkav und ein zweites Mal mit dem Glas konvex zum Lichteinfall erstellt.

Die Ergebnisse bestätigen teilweise die Angaben der Hersteller und die Daten aus früheren Untersuchungen (PERSCHIED et al., 1978). Das unbehandelte Weißglas zeigte schon ab etwa 290 nm Wellenlänge rapide steigende Transmissionswerte (Strahlung, die auf das Getränk wirken kann) im kurzwelligen und damit energiereichen Bereich und insgesamt eine Transmission von rund 80% des einfallenden Lichtes (Abb. 2 A).

Die Weißglasvarianten mit UV-Schutz (Varianten 1, 3 und 4) wiesen zu Beginn einen vergleichbaren Kurvenverlauf auf, aber die Grenze für die Lichtdurchlässigkeit war etwa um 50 nm höher. Aus Abbildung 2 B ist ersichtlich, dass Weißgläser mit UV-Schutz bis etwa 350 nm keinerlei Strahlung durchließen, der UV-Schutz war effizient.

Zwischen 350 nm und 400 nm stiegen die Transmissionswerte bis zu dem Niveau des unbehandelten Weißglases wieder deutlich an. Teilweise wurden nach 400 nm wieder abfallende, teilweise aber auch wieder ansteigende Transmissionswerte gemessen. Da es sich im längerwelligen Bereich aber um weitgehend "geträn-

Tab. 3: Lichtintensität in unterschiedlichen Lagersituationen (WIRSCHING, 2005, modifiziert)

Lagersituation	Lichtintensität (k Lux)
Lichtkammer, Flaschenlager	0,5 – 1,1
Offenes Regal, Tageslicht	0,06 – 0,1
Offenes Regal, Tageslicht und Neonlicht	0,3 – 1,1
Offenes Regal, Weinverkaufsstelle, Flaschen im Regal	0,1 – 2,0
Offenes Regal, Weinverkaufsstelle, Flaschen im halboffenen Karton	0,05 – 0,25

keunschädliches“ Licht handelt, sind diese unterschiedlichen Ergebnisse nicht relevant.

Die Transmissionskurve bei Grünglas verläuft sinusartig, hat aber über den kompletten Messbereich eine durchschnittliche Transmissionsrate von etwa nur 45 bis 50%, was den aus der Literatur (PERSCHIED et al., 1978) bekannten Werten entspricht (Abb. 2 C).

Braunglas zeigt bekanntlich die geringste Durchlässigkeit, speziell im hochfrequenten, kurzwelligen Bereich. So konnte auch bei den aktuellen Messungen bis 460 nm keinerlei Transmission festgestellt werden. Die

Höchstwerte wurden erst im langwelligen, unschädlichen Bereich zwischen 600 und 750 nm erreicht und lagen auch nur bei 25 bis 30% Transmission (Abb.2 D). Bei blauem Glas (Nr. 7) sind keine Literaturwerte bekannt. Am besten vergleichbar scheint das Transmissionsverhalten mit dem des Grünglases vergleichbar zu sein. Der Verlauf der Kurve ist auch “sinusartig“, wengleich deutlich extremer. Auffällig waren bei den Messungen der mangelnde Schutz schon ab 300 nm Wellenlänge sowie die Maximalwerte von 80% Transmission.

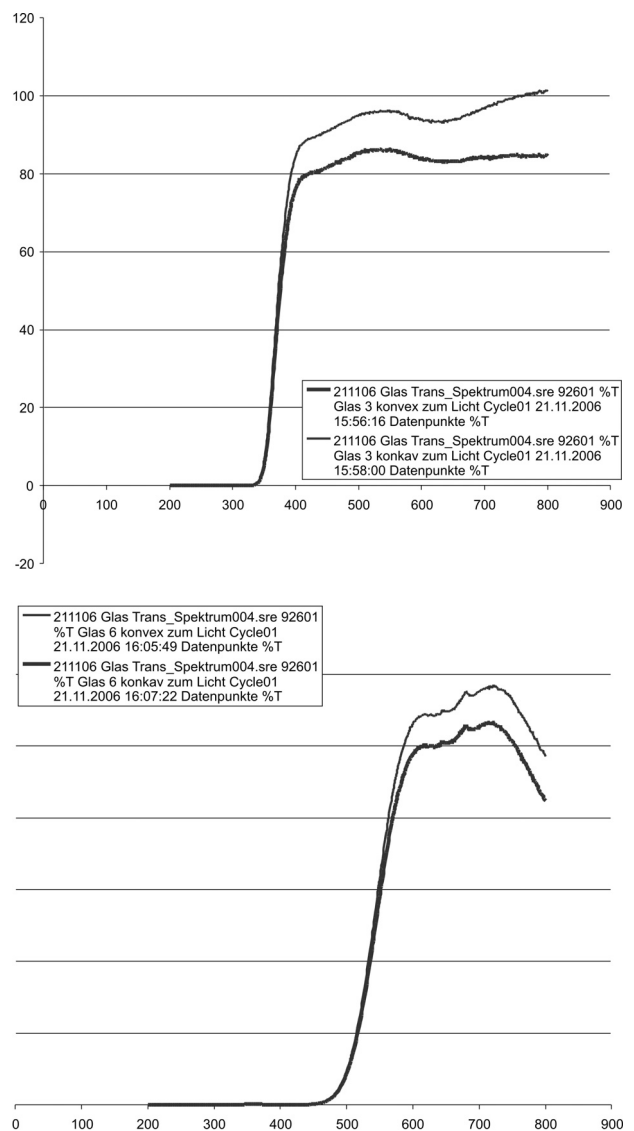
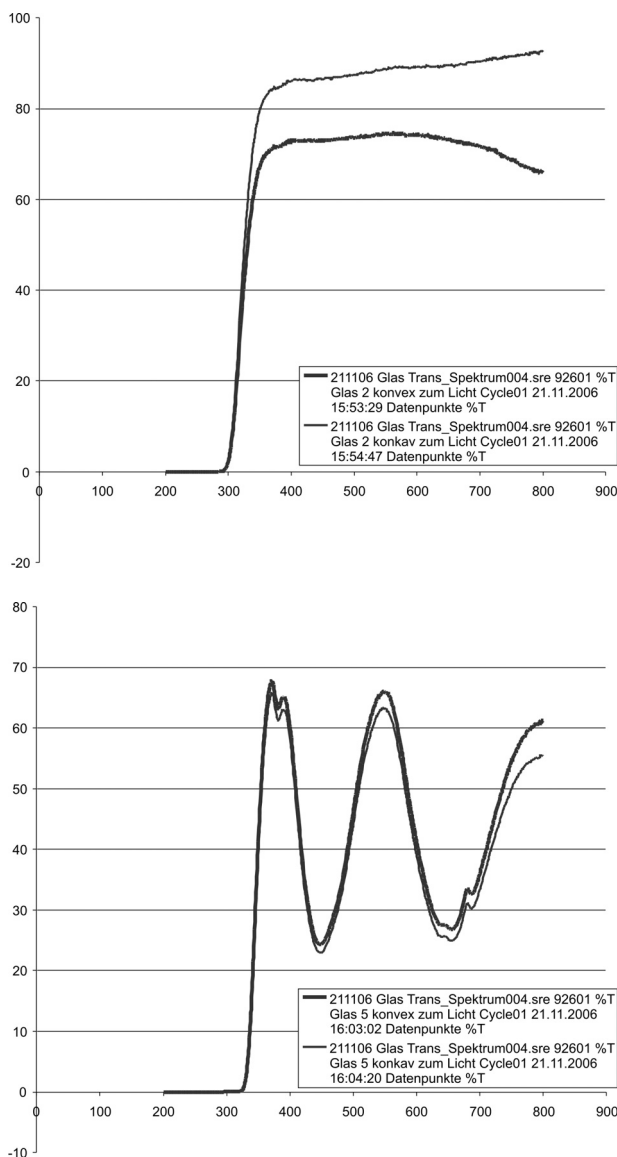


Abb. 2: Transmission von Licht bei unterschiedlichen Glasfarben. A: Transmission bei Weißglas, unbehandelt; B: Transmission bei Weißglas mit UV-Schutz C: Transmission bei Grünglas D: Transmission bei Braunglas

## Weinanalytische Untersuchungen

Insgesamt wurden bei beiden Versuchsreihen im Rahmen der weinanalytischen Untersuchungen mittels FTIR (Dichte, Alkohol, red. Zucker, Glucose, Fructose, Gesamtsäure, pH-Wert, Weinsäure, Milchsäure, Äpfelsäure, flüchtige Säure, Glycerin) keine auffälligen Veränderungen zwischen den Proben aus unterschiedlichen Lagersituationen und in verschiedenen Gläsern nach Abschluss der Lagerzeit (6 Monate bzw. 12 Monate) gefunden.

Exemplarisch sind nachfolgend die Ergebnisse weiterer Analysen dargestellt.

### Verluste an freier und gesamter schwefliger Säure.

Die Veränderungen der Gehalte von freier und gesamter schwefliger Säure wurden vergleichend zwischen den unterschiedlichen Lagersituationen und verwendeten Flaschengläsern betrachtet.

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird, reduzierten sich die Gehalte an schwefliger Säure beispielsweise unter extremer Lichtbestrahlung in der Lichtkammer im Vergleich zwischen den unterschiedlichen Glasfarben und -behandlungen in vergleichbarem Ausmaß. Ebenso waren die Reduzierungen der Gehalte an schwefliger Säure in den unterschiedlichen Lichtsituationen vergleichbar.

Weder Glasfarbe noch Lichtsituation beeinflussten die freie und gesamte schweflige Säure signifikant.

### Farbveränderungen während der Lagerzeit

In beiden Versuchsreihen wurde die Veränderung der Weinfarbe unter Lichteinfluss durch Messungen bei 420, 520 und 620 nm und in Versuchsreihe 2 zusätzlich durch Bestimmung der Farbvalenzwerte im  $L^*a^*b^*$ -System nach Hunter ermittelt.

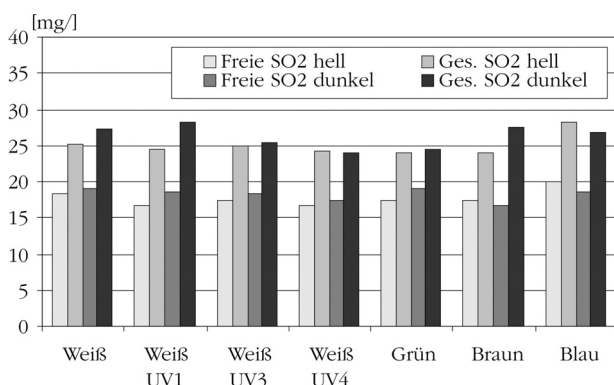


Abb. 3: Verluste an freier und gesamter schwefliger Säure in 'Riesling' (2005) bei verschiedenen Flaschenfarben nach sechs Monaten Lagerung in einer Lichtkammer bzw. im Dunkeln

Weder bei den abgefüllten beiden Weiß- noch beim Roséwein wurden bemerkenswerte Farbveränderungen nach Abschluss der Lagerzeit in den unterschiedlichen Weißgläsern (mit bzw. ohne UV-Schutz) unter Lichteinfluss festgestellt. Beim Vergleich von Braun- und Weißglasvarianten waren aber in der zweiten Versuchsreihe Aufhellungen bei den in Weißglas gelagerten Proben auffällig.

Eine Veränderung ergab sich ebenfalls beim Vergleich hell und dunkel gelagerter Proben in kleinen 0,33 l-Flaschen. Durch den starken Lichteinfluss in der "Lichtkammer" wurde die Farbe insbesondere bei Verwendung von Weißglas "aufgehellt", während bei Braunglas eine solche Veränderung nicht nachvollzogen werden konnte.

### Veränderungen des Weinaromas im Verlauf der Lagerzeit

Im Rahmen des Lagerversuchs mit einer 'Riesling'-Spätlese des Jahrgangs 2003 wurden gaschromatographische Untersuchungen des Weinaromas zu Beginn der Lagerzeit und nach 18 Monaten unter intensiver Leuchtstoffröhrenbestrahlung in der Lichtkammer durchgeführt.

Anhand ausgewählter Aromastoffe wurden die Veränderungen in den Weinen in Flaschen unterschiedlicher Glasfarben beschrieben. Bei dem für das "Sherryaroma" verantwortliche Diethylsuccinat wurden beispielsweise Zunahmen der Gesamtgehalte zwischen rund 10 und 45% gemessen, wobei die Steigerung der Gehalte bei Weißglas am höchsten und bei Braunglas am geringsten waren. Deutliche Zunahmen wurden auch im Gehalt von Furfural (Produkt der Maillard-Reaktion) festgestellt. Hier wurden Steigerungen von bis zu 85% der ursprünglichen Gehalte bei Weißglas, halbweißem und lichtgrünem Glas gemessen, während bei Braunglas die Zunahmen gegenüber den Ausgangsgehalten nur bei rund 30% lag.

Verminderungen der Aromakonzentration während der Lagerzeit wurden insbesondere bei den Stoffen 3-Hexenol (grün, grasig), Decansäure, Phenylethylacetat (fruchtig, blumig), Isoamylacetat (fruchtig, blumig) und 1,8-Terpin festgestellt. Eine unterschiedlich starke Abnahme der genannten Verbindungen in Abhängigkeit von den Flaschengläsern wurde nur bei den Verbindungen 3-Hexenol und 1,8-Terpin beobachtet. Hohe Konzentrationen an 1,8-Terpin werden in gealterten Weinen gefunden, in hohen Konzentrationen trägt diese Verbindung neben TDN zur "Petrolnote" bei. Die Reduzierung von 3-Hexenol und 1,8-Terpin

war bei den hellen Flaschengläsern deutlicher, dagegen war die Konzentrationsabnahme von Phenylethylacetat und Isoamylacetat unabhängig von der Flaschenfarbe eine für die Lagerzeit typische Aromaveränderung.

Abschließend konnte im Rahmen der Aromaanalysen festgestellt werden, dass der Faktor "Lagerzeit" insgesamt einen größeren Einfluss auf die Aromaveränderungen als der Faktor "Licht" hatte.

Eine Analyse der Gehalte niedrig siedender Schwefelverbindungen nach 18-monatiger Lagerung unter dauerhafter Lichtbestrahlung zeigte, dass zwischen den verschiedenen Glasfarben keine auffälligen Unterschiede detektiert werden konnten. Insbesondere das mit dem "Lichtton" in Zusammenhang gebrachte Methanthiol konnte in keiner der Proben nachgewiesen werden. Darüber hinaus wurde auch keine Erhöhung des Oxidationsproduktes Dimethyldisulfid festgestellt.

### Sensorische Veränderungen bei Lagerung von Wein unter Lichteinfluss

Im Rahmen der Lagerversuche mit der 'Riesling'-Spätlese des Jahrgangs 2003 in 0,75 l-Flaschen wurden sensorische Vergleichsuntersuchungen zwischen den Weinen in unterschiedlichen Glasfarben und Lichtsituationen nach zwei, vier, sechs, acht und zwölf Monaten Lagerzeit durchgeführt. Bei den ersten drei Untersuchungsterminen konnten die Prüfer keine signifikanten Veränderungen im Geruch und Geschmack der Weine in unterschiedlichen Gläsern und bei unterschiedlicher Lichtexposition feststellen. Im Rahmen der Prüfungen nach acht Monaten Lagerung wurden erstmals "böckerartige", an "verbrannten Gummi" erinnernde Fehltöne bei der Weinlagerung in einer "halbweißen" Flasche unter dauerhafter Bestrahlung in der Lichtkammer festgestellt. Nach zwölfmonatiger Lagerung unter Licht konnten die beschriebenen Fehltöne bei den Proben aus "weißem", "halbweißem" und "lichtgrünem" Glas, also allen hellen Glasfarben, signifikant nachgewiesen werden.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass der Einfluss der Lagertemperatur, der im Rahmen der Versuche ebenfalls geprüft wurde, sensorisch einen wesentlich deutlicheren Einfluss als die erhöhte Lichteinstrahlung hatte.

Bei den sensorischen Prüfungen im Rahmen der zweiten Versuchsreihe mit 0,33 l-Flaschen ('Riesling' QbA 2005, Rosé QbA 2005) war die auf den Flascheninhalt treffende Lichtmenge größer. Dies machte sich bereits nach zwei Monaten Lagerung bemerkbar. Die Prüfer konnten die Weißglasproben ohne UV-Schutzbehand-

lung aus heller Lagerung in der "Lichtkammer" im Dreieckstest signifikant von den dunkel gelagerten Proben unterscheiden. Interessanterweise wurden zu diesem frühen Untersuchungszeitpunkt die hell gelagerten Proben wegen einer besseren "Harmonie" und "Reife" bevorzugt.

Nach viermonatiger Lagerung unter den extremen Bedingungen der Lichtkammer wurden alle Weißglasvarianten, auch solche mit UV-Schutz, aus dunkler Lagerung signifikant bevorzugt. Hingegen wurden auch bei extremer Lichteinstrahlung die Proben in Braunglas aus heller und dunkler Lagerung nicht unterschieden.

Bei der Lagerung im beleuchteten Verkaufsregal konnten erstmals signifikante Unterschiede nach vier Monaten Lagerzeit nur bei den Proben mit Weißglas ohne UV-Schutzbehandlung nachgewiesen werden. Die Proben in Weißglas mit UV-Schutz und in Braunglas wurden nicht unterschieden.

Die für die Untersuchungen nach vier Monaten Lagerung getroffenen Aussagen galten sowohl für den abgefüllten 'Riesling'-Qualitätswein als auch für den Rosé-Qualitätswein, wobei beim Rosé nur signifikante Unterschiede in der Lichtkammer, also bei sehr intensiver Lichtbestrahlung festgestellt wurden.

Auch nach sechsmonatiger Lagerung wurde die höhere Lichtempfindlichkeit des Weißweines deutlich. Hier wurden wiederholt die Weißglasvarianten (mit oder ohne UV-Schutz) aus dunkler Lagerung gegenüber denen der hellen Lagerung bevorzugt, während beispielsweise die Proben mit Braunglas nicht unterschieden werden konnten.

### Schlussfolgerungen

Photochemisch induzierte Veränderungen in Wein wurden bereits im Rahmen früherer Untersuchungen beobachtet und beschrieben. Bedingt durch den relativ geringen Anteil energiereichen, kurzwelligen Lichts in geschlossenen Räumen durch Leuchtstoffröhren, die teilweise Kartonverpackung und die üblicherweise kurze Lagerung von Wein unter Lichteinfluss findet eine analytisch und sensorisch nachweisbare Schädigung bei Wein nur begrenzt statt.

Bei den durchgeführten Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass eine negative Beeinflussung von Wein nur bei Verwendung von Weißglas und dauerhaft ungünstigen, intensiven Lichtverhältnissen zu beobachten war. Der Effekt der Absorption besonders energiereichen, kurzwelligen Lichts durch UV-Schutzbehandlungen bei Weißglas konnte durch Transmissionsmes-

sungen nachgewiesen werden. Bei intensiver Lichtbestrahlung konnten aber nach vier Monaten Lagerzeit auch bei UV-schutzbehandelten Gläsern sensorisch negativ wirkende Effekte in Weiß- und Roséwein nachgewiesen werden.

Veränderungen der Aromazusammensetzung der in unterschiedlichen Gläsern und Lichtverhältnissen gelagerten Proben wurden nur nach unrealistisch langer Lagerzeit im Licht nachgewiesen. Auch bei diesen ungünstigen Lagerbedingungen konnten jedoch keine mit dem "Lichtton" im Allgemeinen in Verbindung gebrachten Substanzen wie Methanthiol oder Dimethyldisulfid detektiert werden.

Der in der ersten Versuchsreihe untersuchte Effekt der Lagerung der Proben bei unterschiedlichen Temperaturen hatte insgesamt einen deutlich höheren Einfluss, insbesondere auf die sensorisch wahrnehmbaren Veränderungen der Proben, als die unterschiedliche Lichtbestrahlung der Proben.

## Literatur

- LOPEZ, R., AZNAR, M., CACHO, J. and FERREIRA, V. 2002: Determination of minor and trace volatile compounds in wine by solid-phase extraction and gas chromatography with mass spectrometric detection. *J. Chromatogr. A* (966): 167-177
- MAUJEAN, A., HAYE, M. et FEULLAT, M. 1978: Influence de la lumière sur le potentiel d'oxydoreduction. Correlation avec la teneur en thiols du vin. *Conn. Vigne Vin* 12(4): 277-290
- ORTEGA, C., LOPEZ, R., CACHO, J. and FERREIRA, V. (2001): Fast analysis of important wine volatile compounds development and validation of a new method based on gas chromatographic-flame ionisation detection analysis of dichlormethane microextracts. *J. Chromatogr. A* (923): 205-214
- PATZ, C.-D., DAVID, A., THENTE, K., KÜRBEL, P. and DIETRICH, H. 1999: Wine analysis with FT-IR-spectrometry. *WeinWiss.* 54: 80-87
- PERSCHIED, M., ZURN, F. und PENNDORF, G. 1978: Über den Einfluss der Lichtdurchlässigkeit verschiedener Getränkeflaschen auf die Qualität des Weines. *Weinwirtschaft* 114: 496-504
- SCHÄFER, R. (1991): Der Einfluss künstlicher Lichtquellen auf die Weinqualität. - Diplomarbeit FH Wiesbaden, 1991
- SCHORK, K. (1980): Qualitätseinfluss des Lichtes auf Getränke, insbesondere bei Schaumwein. - Diplomarbeit FH Wiesbaden, 1980
- WIRSCHING, M. (2005): Einfluss von Licht auf die Qualität von Wein bei unterschiedlichen Flaschenfarben. - Diplomarbeit FH Wiesbaden, 2005

Manuskript eingelangt am 1. August 2007