

1 Einleitung und Zielsetzung

Deutschland ist der weltweit größte Schaumweinmarkt. Der durchschnittliche Jahresverbrauch liegt bei über 3,7 Litern pro Kopf (STATISTISCHES BUNDESAMT). Mehr Sekt wird in keinem anderen Land getrunken. Der deutsche Markt für Sekt stellt damit ein Drittel des EU-Marktes und ein Viertel des Weltmarktes dar. Der Absatz der deutschen Schaumweinproduzenten im eigenen Land ist sehr gut. Drei von vier der im letzten Jahr in Deutschland getrunkenen Flaschen wurden auch dort produziert. Auch bei der Gesamtmenge der produzierten Schaumweine zählt Deutschland zur Weltspitze. Mit ca. 1400 Schaumwein erzeugenden Betrieben und einer Produktionsmenge von über 250 Millionen Litern zählt Deutschland nach Frankreich zum zweitgrößten Schaumweinproduzenten weltweit. Durch die steigende Beliebtheit anderer alkoholischer kohlenensäurehaltiger Getränke, wie z. B. Prosecco und Wein-Cooler, ist der Schaumweinmarkt mit seinem klassischen Produkt Sekt in Deutschland einem starken Konkurrenzdruck ausgesetzt. Aus diesem Grund versuchen die Sekthersteller, durch gleichbleibend hohe Qualität und markentypische Aromen die Kunden fester an ihr Produkt zu binden.

Die Versektung, ein Herstellungsprozess, der sich über mehrere Monate hinstreckt, ist eine kapitalintensive Art der Weinveredlung. Zusätzlich zum Grundwein fallen Kosten für den Ausbau und die Lagerung an. Die Tatsache, dass nur wenig wissenschaftlich abgesicherte Kenntnisse über den spezifischen Einfluss der Grundweine und ihrer chemischen Zusammensetzung auf die sensorische Ausprägung des daraus gewonnenen Schaumweins bestehen, erhöht das Risiko der Sektkellereien, Schaumweine von unzureichender sensorischer Qualität oder dem Markenprofil abträglicher Ausprägung zu produzieren. Hierdurch kann es zu hohen finanziellen Verlusten kommen.

Bei der zweiten Gärung werden nicht nur der Alkoholgehalt und der CO₂-Druck erhöht, sondern auch die sensorische Ausprägung des Grundweins verändert. Hierbei kann es sowohl zu einer Abschwächung oder Erhöhung fruchtiger und rebsortentypischer Aromausprägungen als auch zu einer Ausbildung von Fehleraromen kommen.

Die sensorisch relevanten Veränderungen während der zweiten Gärung sind aus wissenschaftlicher Sicht wenig erforscht. Für deutsche Sekte haben Postel und Ziegler (1991 a-c) die Veränderung allgemeiner chemischer Weinparameter während der Sektbereitung beschrieben. Untersucht wurden jedoch nur Cuvées und keine sortenreinen Grundweine und auch die sensorische Veränderung und die hierfür verantwortlichen Stoffklassen wurden von ihnen nicht betrachtet.

Weitere Forschung auf diesem Gebiet wurde hauptsächlich mit französischem Champagner und nordspanischen Cavas durchgeführt (BOIDRON ET AL., 1969; LOYLAUX ET AL., 1981; DE LA PRESA-OWENS ET AL., 1998; ESCUDERO und ETIEVANT, 1999; FRANCIOLI ET AL., 1999; ESCUDERO ET AL., 2000). Bei diesen Arbeiten liegt der Schwerpunkt auf dem Einfluss der Alterung auf das Aroma des Schaumweines. So konnte in alternden Champagnern eine Verminderung der blumigen und fruchtigen Noten sowie eine Zunahme von Eichenholznoten und Alterungstönen beobachtet werden (ESCUDERO ET AL., 2000). Über einen Zeitraum von 16 Jahren verminderten sich in Champagner die Konzentration von Hexylacetat, Neroldiol und anderen Terpenalkoholen, wohingegen Benzylaldehyd und Vitispiran zunahm (LOYLAUX ET AL., 1981). Ähnliche Ergebnisse konnten Francioli und Mitarbeiter (1999) bei spanischen Cavas ermitteln.

Mit den sensorischen Veränderungen im Verlauf der Versektung beschäftigten sich bisher nur De la Presa-Owens und Mitarbeiter (1998). Sie untersuchten 26 kalifornische Weine verschiedener roter und weißer Rebsorten aus unterschiedlichen Anbaugebieten mittels Hauptkomponentenanalyse. Im hergestellten Schaumwein konnte bei roten Rebsorten eine Intensivierung von Zitrus- und Apfelaromanoten und bei weißen Sorten eine Intensivierung von Vanille/Butter-Noten festgestellt werden (Abbildung 1).

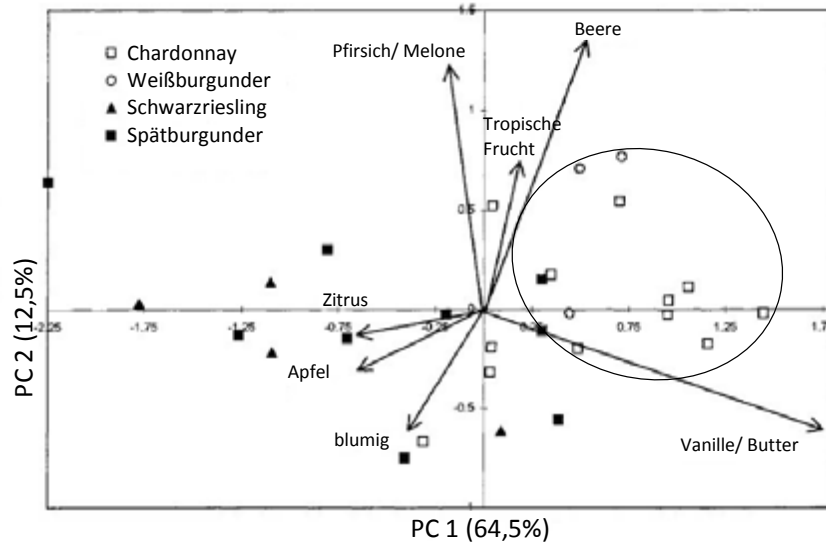


Abbildung 1: Hauptkomponentenanalyse (PCA) der Unterschiede zwischen Grundwein und Sekt mit den als Vektoren angezeigten Aromattributen. Die Intensivierung der Vanille/ Butter-Noten beim Weißwein ist eingekreist.

Um das Aromapotenzial bereits im Grundwein einschätzen zu können, sollen im Rahmen dieser Arbeit, die zum Teil aus Mitteln des Forschungskreises der Ernährungsindustrie in Zusammenarbeit mit dem Verband deutscher Sektkellereien finanziert wurde, entsprechende Untersuchungsmethoden erarbeitet werden. Darüber hinaus sollen Möglichkeiten entwickelt werden, wie die zweite Gärung so beeinflusst werden kann, dass der Rebsortencharakter im Sekt gesteigert wird. Der Erfolg der Versektung ließe sich damit nicht nur auf Grundlage der empirischen Erfahrungen der Kellermeister sondern auch mit chemischen Methoden frühzeitig abschätzen. Weitere Informationen der Aromabildung sollen aus den im Wein vorliegenden glykosidisch gebundenen Aromavorstufen gewonnen werden. Hierzu soll eine Möglichkeit der Isolierung und Charakterisierung der Substanzen entwickelt werden.

Um diese Ziele zu erreichen, wird im ersten Teil die Veränderung von Summenparametern, wie der glykosidisch gebundenen Glucose und der antioxidativen Aktivität, im Verlauf der zweiten Gärung untersucht. Mit Hilfe dieser Summenparameter können erste Aussagen zur Qualität und Quantität der Aromabildung während der Sektbereitung getroffen werden. Im zweiten Teil findet eine Isolierung von Fraktionen statt, die reich an gebundenen Aromastoffen sind und somit einen großen Anteil an der Aromabildung während der zweiten Gärung haben. Der Einfluss dieser Fraktionen auf das Aroma und die quantitative Zusammensetzung von Aromastoffen im Sekt wird aufgeklärt. Des Weiteren wird die

mögliche Bedeutung einzelner Aromavorstufen bei der Ausprägung des sortentypischen Aromas untersucht. Hierzu werden einerseits mögliche Aromavorstufen isoliert und charakterisiert, andererseits synthetisiert, um an diesen z. B. Abbaureaktionen zu Aromastoffen zu klären. Diese können Einfluss auf das sortentypische Aroma des Sektes haben.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Aromastoffe

2.1.1 Allgemeines

Der Begriff Aromastoffe umfasst Substanzen, die mit den menschlichen Geruchsrezeptoren, sowohl nasal als auch retronasal, wahrgenommen werden können. Aromastoffe sind nicht nur für die sortentypischen Geruchseindrücke verantwortlich, sondern auch für Fehlnoten (off-flavour). In Lebensmitteln kommen Aromastoffe zumeist nur in sehr geringen Konzentrationen vor, haben aber zum Teil so niedrige Schwellenwerte, dass schon Konzentrationen im $\mu\text{g/L}$ -Bereich wahrgenommen werden können (BELITZ ET AL., 2001). Bisher konnten in Lebensmitteln über 8000 Aromastoffe identifiziert werden (MAARSE ET AL., 1996).

Aromastoffe lassen sich anhand der Bildungsart in zwei Gruppen einteilen:

Primäre Aromastoffe werden durch die Biosynthese direkt im Lebensmittel gebildet. In den Zellen werden unter anderem Terpene sowie aromatische Substanzklassen gebildet. Dieses kann z. B. im Terpenstoffwechsel oder über den Shikimisäureweg geschehen (KARLSON, 1984).

Die zweite Klasse bilden die sekundären Aromastoffe. Diese sogenannten Reaktionsaromen entstehen aus Vorstufen, den Precursoren, durch mechanische, thermische, enzymatische oder mikrobiologisch bedingte Reaktionen. Eine für die Sekundär-Aromabildung wichtige Reaktion ist die Maillard Reaktion, die vor allem bei thermischer Behandlung von Lebensmitteln Aromastoffe bildet. Bei pflanzlichen Lebensmitteln treten häufig enzymatische Reaktionen durch Verletzungen der Zellwände ein, die das Aroma mit beeinflussen. So wird z. B. in der Gurke Linolensäure durch enzymatische Oxidation mittels Lipoxygenase und Spaltung durch Hydroxyperoxidlyase zu trans-2-Hexenal, einem Schlüsselaromastoff (Character Impact Compound) der Gurke, umgesetzt (BALTES, 2000).

Schon lange wurde vermutet, dass Aromastoffe über eine glykosidische Bindung mit Zuckerresten verknüpft in Pflanzen vorliegen. Allerdings gelang es erst 1969 (FRANCIS und

ALLOCK, 1969), eine glykosidische Vorstufe (Geraniol- β -D-glucosid) in Rosen zu identifizieren. In der Folge rückten Vorstufen der sekundären Aromastoffe immer mehr in den Fokus der Forschung, da sie die Bildungswege der Aromakomponenten verständlich machen und somit auch gezielte Eingriffe in das Aroma ermöglichen. Hinzu kommt, dass im Verhältnis zu den freien Aromastoffen die gebundenen Aromastoffe einen mengenmäßig weitaus größeren Anteil ausmachen können (WINTERHALTER und SKOUROUMOUNIS, 1997).

2.1.2 Aromastoffe im Wein

Die im Wein enthaltenen Aromastoffe leisten einen wichtigen Beitrag für den Charakter des Weines. Zum einen bilden sie das Bukett und zum anderen erzeugen sie den sensorischen Eindruck beim Trinken.

Auch im Wein lassen sich die verschiedenen Aromagruppen bestimmen: Primäre Aromen, die schon in der Beere enthalten sind, und sekundäre Aromen, die während der Weinherstellung entstehen bzw. sich bei der Reifung und Lagerung des Weines (Gär- und Lagerbukett) ausbilden.

Nach heutigem Stand der Forschung sind über 800 flüchtige Verbindungen im Wein bekannt, die abhängig von der Sorte in verschiedenen Konzentrationen vorkommen (CLARKE und BAKKER, 2004; RAPP, 1992) (Abbildung 2). Anhand des gesamten Aromastoffspektrums können die einzelnen Rebsorten unterschieden werden (RAPP, 1993). Einzelne Aromastoffe oder Aromastoffgruppen können nur in sehr wenigen Fällen speziellen Reben zugeordnet werden. So ist das cis-Rosenoxid ein wichtiger Aromastoff im Gewürtztraminer, der mit seinem Geruch nach Geranie das sortentypische Aroma entscheidend prägt (GUTH, 1997a/b; SCHREIER, 1979). Der blumige Charakter von Riesling oder Muskateller wird hauptsächlich durch die Monoterpene Linalool, Geraniol und Nerol beeinflusst (EBELER, 2001; MARAIS, 1983).

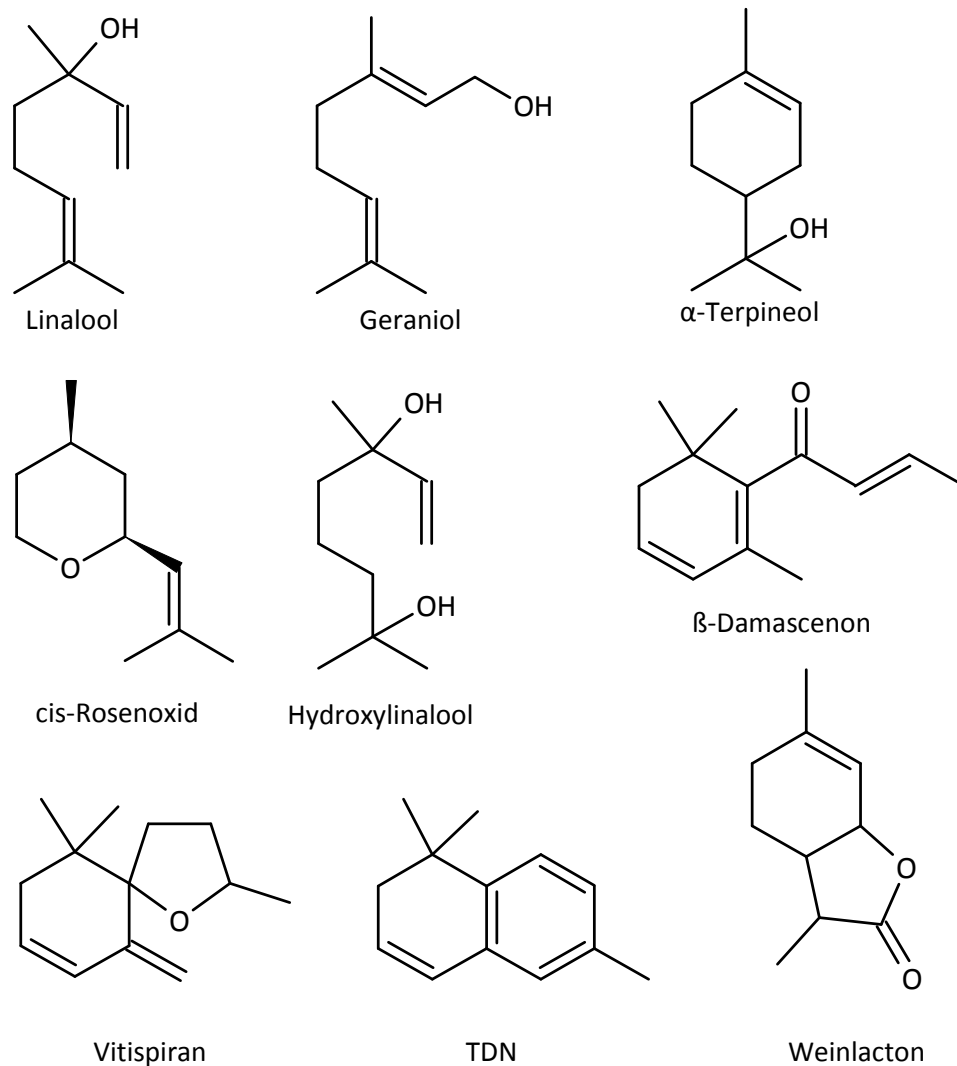


Abbildung 2: Aromastoffe in Wein (EBELER, 2001)

Die Verteilung der Aromastoffe in der Weinbeere ist nicht gleichmäßig. Der Großteil der freien Terpene ist in der Schale der Trauben lokalisiert. Verschiedene Arbeiten haben sich mit der Verteilung innerhalb der Beeren beschäftigt (GÜNATA ET AL., 1985b; VERSINI ET AL., 1981; WILSON ET AL., 1986). Versini und Mitarbeiter (1981) haben gezeigt, dass in Beeren der Sorte Riesling 60% der gesamten Terpene in der Beerenhaut vorliegen, wohingegen nur 40% im Beerenfleisch enthalten sind. Betrachtet man die Terpene einzeln, ist die Verteilung jedoch uneinheitlicher (Abbildung 3). Nerol befindet sich z. B. mit über 80% in der Haut der Weinbeere, und nur knapp 20% des frei vorliegenden Nerols sind im Beerenfleisch lokalisiert. Beim α -Terpineol ist es nahezu gegensätzlich: 75% sind im Beerenfleisch und nur 25% des Terpens sind in der Schale der Trauben nachweisbar.

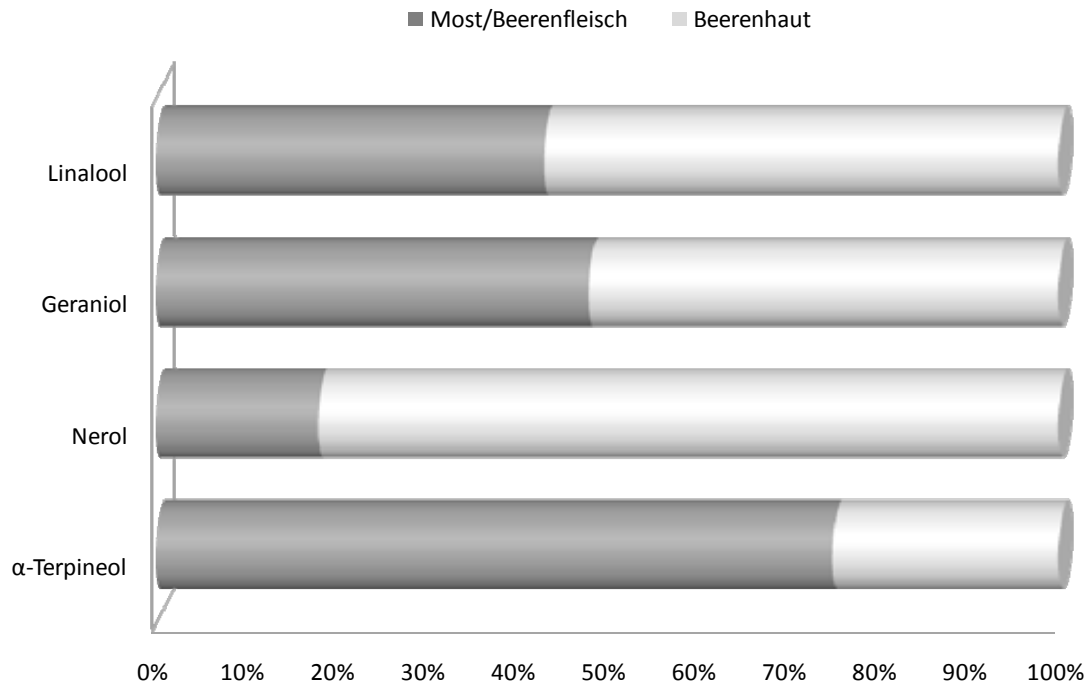


Abbildung 3: Prozentuale Verteilung freier Terpene in der Beeren der Sorte Riesling (VERSINI ET AL., 1981)

Bei der Ausprägung des Geschmacks eines Weines spielt die Gruppe der Monoterpene eine wichtige Rolle. Häufige Monoterpene sind azyklische Alkohole sowie Polyole. Die dominierenden Monoterpenkomponenten sind Linalool, Geraniol, Nerol, Citronellol und α -Terpineol. Es treten auch zyklische Ether und Lactone auf, von denen Weinlacton und Rosenoxid von großer Bedeutung sind, da sie im Vergleich zu den anderen Monoterpenen mit 0,01 und 0,2 $\mu\text{g}/\text{L}$ einen deutlich geringeren Geruchsschwellenwert haben (Tabelle 1). Winterhalter et al. (1998) verweisen auf einen möglichen Bildungsweg des Weinlactons über eine monoterpenoide Vorstufe, die sich im sauren Milieu des Weines zum Lacton umlagert. Zur Biosynthese der Monoterpene sei an dieser Stelle auf das Kapitel 2.1.5 verwiesen.