

# Einfluss unterschiedlicher Stickstoffversorgung auf Aromastoffgehalte und Aromaqualität von Weinen der Sorte 'Riesling'

ALBERT LINSENMEIER<sup>1</sup>, DORIS RAUHUT<sup>2</sup>, HILDEGARD DIEHL<sup>2</sup>, SVEN SCHUBERT<sup>3</sup> und OTMAR LÖHNERTZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Bodenkunde und Pflanzenernährung  
D-65366 Geisenheim, von-Lade-Straße 1  
E-mail: linsenmeier@fa-gm.de

<sup>2</sup> Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Mikrobiologie und Biochemie  
D-65366 Geisenheim, von-Lade-Straße 1

<sup>3</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenernährung  
D-35392 Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26-32

*In einem sechsjährigen Stickstoffsteigerungsversuch überstieg der Einfluss des Jahrgangs auf die Mostinhaltsstoffe (Aminosäuren, Mostgewicht) den Düngungseinfluss um eine Größenordnung. Dies konnte auch für die Gehalte an Aromastoffen im Wein festgestellt werden. Die Bildung vieler Aromastoffe war von der Stickstoffdüngung unbeeinflusst, hierzu zählten insbesondere die traubeneigenen Terpene. Bei 2-Phenylethanol und Methylbutanol fanden sich mit zunehmender Stickstoffdüngung abnehmende Konzentrationen. Ethylacetat sowie die Fettsäureester der Capron-, Capryl- und Caprinsäure nahmen dagegen mit der Düngung eher zu. Der große Jahrgangseinfluss ist bei einigen Aromastoffen mit der Stickstoffversorgung zu erklären. Höhere Stickstoffgehalte im Most beeinflussen über den Hefemetabolismus die Gehalte sekundärer Gäraromen. Eine höhere Stickstoffdüngung führt nicht automatisch zu einer besseren Weinqualität. Bei der sensorischen Beurteilung des Aromas der jungen Weine waren jene mit höherer Düngung lediglich tendenziell besser als die Weine der ungedüngten Variante. Das fruchtige Aroma korreliert dabei mit den Aromagehalten von Capronsäure, Buttersäureethylester und Capronsäureethylester.*

**Schlagwörter:** 'Riesling', Stickstoffdüngung, Aminosäuren, Aromastoffe, deskriptive Sensorik, Aromawert

*Influence of nitrogen fertilization on the relation of aroma quality and aroma compounds of 'Riesling' wines. In a six years' experiment, the effect of the vintage year on amino acids considerably exceeded the effect of long-term varied nitrogen fertilization. This was also found for the aroma compounds in wine. The formation of many aroma compounds was not affected by N fertilization, this is especially true for terpenes being part of the grape aroma. Lower levels of 2-phenylethanol and methylbutanol were found with increasing N supply, whereas ethyl acetate and caproic acid ethyl ester levels increased. In the case of several aroma compounds, however, the important effect of the vintage year can also be attributed to N supply. Higher N fertilization does not automatically improve wine quality. The aroma of young wines tended to be improved by fertilization, the fruity aroma correlating with the odour activity values of caproic acid, butyric acid ethyl ester and caproic acid ethyl ester.*

**Key words:** nitrogen fertilization, amino acids, aroma compound, sensory descriptive analysis, odour activity values, 'Riesling'

*L'influence d'une alimentation en azote différente sur les teneurs en substances aromatiques et la qualité des arômes des vins du cépage 'Riesling'. Au cours d'un essai d'augmentation d'azote d'une durée de six ans, l'influence du millésime sur les composants du moût (acides aminés, densité du moût) a dépassé celle de la fertilisation d'un ordre de grandeur. Ceci a également été constaté pour les teneurs du vin en substances aromatiques. La formation de nombreuses substances aromatiques, notamment celle des terpènes propres aux raisins, n'a pas été in-*

*fluencée par la fertilisation azotée. Les concentrations du 2-phenyléthanol et du methylbutanol ont diminué dans la mesure où la fertilisation azotée augmentait. En revanche, l'éthylacétate ainsi que les esters d'acide gras des acides caproïque, caprylique et caprique ont plutôt augmenté avec la fertilisation. Pour quelques substances aromatiques, la grande influence du millésime peut être expliquée par l'alimentation en azote. Les teneurs plus élevées en azote dans le moût influencent les teneurs en arômes de fermentation secondaires via le métabolisme des levures. Une fertilisation azotée plus forte n'entraîne pas forcément une meilleure qualité du vin. Lors de l'évaluation sensorielle de l'arôme des vins nouveaux, on a eu tendance à mieux apprécier les vins issus de variantes à fertilisation plus forte que ceux de la variante non fertilisée. L'arôme fruité est en corrélation avec les teneurs en acide caproïque, en ester éthylique de l'acide butyrique et en ester de l'acide caproïque.*

**Mots clés:** 'Riesling', fertilisation azotée, acides aminés, substances aromatiques, évaluation sensorielle descriptive, valeur aromatique

Der Einfluss der Stickstoffdüngung auf die sensorische Weinqualität ist mehrfach untersucht worden. Dabei wirkte sich die Düngung oftmals positiv aus. KANNENBERG (1993) fand in vier aufeinanderfolgenden Jahren bei Weißherbst-Weinen der Sorte 'Blauer Spätburgunder' aus Baden einen besseren Gesamteindruck mit zunehmender Stickstoffdüngung. Dieses Ergebnis wurde von MAIGRE (1998) für 'Gutedel'-Weine vom Genfer See und von SEITER (2000) für 'Silvaner' und 'Müller-Thurgau' aus Baden bestätigt. ZIEGLER (2002) fand nur sehr leichte Unterschiede bei der Verkostung von 'Riesling'-Weinen der Pfalz mit der Tendenz, dass die Weine aus den gedüngten Varianten etwas besser beurteilt wurden. Bei 'Spätburgunder' und bei 'Silvaner' wurden jedoch von ZIEGLER (2002) keine einheitlichen Ergebnisse festgestellt. Ebenso fanden SCHWAB (1998) bei 'Müller-Thurgau' aus Franken und MÜLLER (1999) bei 'Riesling' und 'Kerner' aus Rheinhessen im Durchschnitt über mehrere Jahre keinen einheitlichen Düngungseinfluss. All diesen Arbeiten ist gemeinsam, dass das Weinaroma nicht differenziert untersucht wurde. Lediglich bei SEITER (2000) wurde ein kleiner Teil der Weine mittels deskriptiver Sensorik analysiert. In der Regel aber wird die Weinqualität nach einem Rangziffernverfahren oder mittels einer Qualitätszahl, z.B. nach dem 5-Punkte-Schema, der DLG erfasst. Dadurch lassen sich keine Rückschlüsse ziehen, worauf die Präferenz der Prüfer beruht. Auf der anderen Seite beschränken sich die chemischen Analysen der Weine oft auf die klassischen Kenngrößen wie Restzucker, Alkohol und Säure, seltener auch Phenole. Aromastoffe werden i. d. R. aber bei diesen Arbeiten nicht bestimmt. Dabei ist schon lange bekannt, dass neben der sensorischen Weinqualität auch die Aromastoffgehalte von der Stickstoffdüngung beeinflusst werden. Die Gehalte verschiedener höherer Alkohole sind bei höherer Stickstoffdüngung reduziert, was auf den Stickstoffgehalt im Most bzw. den Aminosäuregehalt zurückgeführt wer-

den kann (BIDAN, 1975; OUGH und BELL, 1980). Auch bei der Zugabe von Gärsalz nahm die Produktion höherer Alkohole ab (BOSSO, 1996). WEBSTER et al. (1993) fanden bei Weinen der Sorte 'Riesling' mit zunehmender Stickstoffdüngung abnehmende Konzentrationen an 3-Methylbutanol und 2-Phenylethanol. Butanol, Benzylalkohol und die meisten Ester nahmen dagegen infolge der Düngung zu. Hingegen sanken die Gehalte flüchtiger Schwefelkomponenten infolge der Stickstoffdüngung sowie der Zugabe von Gärsalz (LÖHNERTZ und RAUHUT, 1996). Leider sind diese aromaanalytischen Ergebnisse selten mit entsprechenden sensorischen Untersuchungen der Weine verknüpft. WEBSTER et al. (1993) fanden zwar im Dreieckstest signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Weinen, worauf diese Unterschiede beruhen, konnten sie allerdings aufgrund der undifferenzierten Sensorik nicht feststellen.

In diesem Versuch soll eine differenzierte Aromaanalyse Aufschluss darüber geben, welche Aromakomponenten durch eine unterschiedliche Stickstoffversorgung beeinflusst werden und wie groß der Anteil der Stickstoffdüngung daran ist. Außerdem soll die Auswirkung auf die sensorische Weinqualität und die Zusammensetzung des Aromaeindrucks bestimmt werden, so dass eine Verknüpfung sensorischer und analytischer Daten möglich ist.

## Material und Methoden

### Versuchsaufbau

Bei dem Versuchsfeld handelt es sich um eine 1977 mit 'Riesling' bepflanzte Anlage im Rheingau, Deutschland. Der Versuch wurde 1985 als randomisierte Blockanlage mit folgenden jährlichen Stickstoffgaben angelegt: 0, 30, 60, 90, 150 kg N/ha. Der Boden ist ein sandiger Lehm mit einem pH-Wert von 7,6 sowie 1,4% Humus, dabei ist jede zweite Zeile begrünt. Die Vinifikation erfolgte

in 10-Liter-Glasballons. Die Weine wurden ohne vorherige Schönung abgefüllt. Die Proben für die Aromaanalytik wurden bei  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  gelagert.

### Aminosäurebestimmung

Die Aminosäuren wurden mittels HPLC-FLD nach der bei PRIOR (1997) beschriebenen Methode bestimmt. Die Mostproben wurden mit Sulfosalicylsäure extrahiert und mit Dansylchlorid derivatisiert.

### Aromaanalytik

Mittels GC/MS wurde von je einem Wein der Dünge-stufen 0, 30, 60, 90 und 150 kg N/ha der Gehalt an Monoterpenen, höheren Alkoholen, einigen Fettsäuren sowie deren Estern untersucht. Die Probenaufbereitung und Messung erfolgte im Fachgebiet Mikrobiologie und Biochemie der Forschungsanstalt Geisenheim nach einer von RAPP et al. (1994) modifizierten Kaltron-Methode (Extraktion mit Trichlortrifluorethan).

### Sensorik

Die Weine der Düngevarianten 0, 60 und 150 kg N/ha wurden sensorisch untersucht. Die Weine wurden mittels Rangordnungstest und nach dem DLG-5-Punkte-Schema bewertet. Des Weiteren wurde eine deskriptive Sensorik durchgeführt. Dafür wurden die Weine nach den Attributen Fruchtig, Blumig, Vegetativ und Untypischer Alterungston (UTA) in ihrer Intensität von 0 bis 10 eingestuft. Jeder Prüfer erhielt einen Standard dieser Attribute in der Intensität 10. Jeder Wein wurde im Laufe einer Verkostung in zweifacher Wiederholung geprüft. Da die Jahrgänge im Vergleich verkostet wurden und sich das Panel in seiner Zusammensetzung nicht zu sehr verändern sollte, wurden mehrere Jahrgänge gleichzeitig in zwei aufeinanderfolgenden Jahren verkostet. Die Jahrgänge 1995 und 1996 waren zum Zeitpunkt der sensorischen Untersuchung drei Jahre alt. Die Weine des Jahrgangs 1994 waren vier Jahre und die des Jahrgangs 1997 zwei Jahre alt. Die Jahrgänge 1998 und 1999 wurden neun Monate bzw. ein Jahr nach der Füllung verkostet.

### Statistik

Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden varianzanalytisch mittels einer einfaktoriellen ANOVA mit dem F-Test und einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ermittelt. Die Anteilsziffer berechnet sich als Quotient aus der Summe der Abweichungsquadrate des Faktors und der Abweichungsquadrate insgesamt. Die durchgeführten Regressionen waren

Tab. 1: Niederschlag (Jahressumme in mm) und Lufttemperatur (Jahresmittel in  $^{\circ}\text{C}$ ) der Versuchsjahre 1994-1999 und im langjährigen Mittel (1961 - 1990). Quelle: Deutscher Wetterdienst, Geisenheim

| Jahre       | Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Niederschlag (mm) |
|-------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1994        | 11,6                              | 428,5             |
| 1995        | 10,7                              | 681,8             |
| 1996        | 9,2                               | 472,5             |
| 1997        | 10,5                              | 438,4             |
| 1998        | 10,6                              | 587,3             |
| 1999        | 11,1                              | 558,7             |
| 1961 - 1990 | 10,2                              | 526,3             |

alle linear. Die Fehlerbalken in den Abbildungen stellen den Standardfehler (SF) dar. Bei der Sensorik wurden die einzelnen Prüfer als Wiederholungen verrechnet.

## Ergebnisse und Diskussion

### Aromastoffe

Die Aromastoffe wurden fast ausschließlich durch den Jahrgang beeinflusst. Dieser Einfluss ist i. d. R. hoch signifikant und erklärt die Streuung der Aromakonzentration je nach Substanz zu 30 bis 95% (Tab. 2). Die Stickstoffdüngung zeigte dagegen einen geringen Einfluss auf die Aromen, wenn überhaupt. Die Terpene bilden die Stoffgruppe mit den geringsten Düngungseffekten und den höchsten Jahrgangseffekten (75 bis

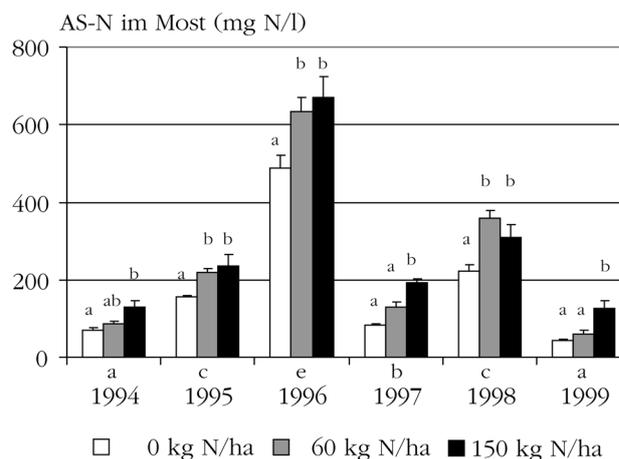


Abb. 1: Gesamtaminosäuren im Most (mg N/l) in den Jahren 1994 bis 1999 und in den Dünge-stufen 0, 60, 150 kg N/ha. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Signifikante Unterschiede zwischen den Jahresmittelwerten sind mit verschiedenen Buchstaben unterhalb der Säulen gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind über den Säulen angegeben.

Tab. 2: Statistische Kennzahlen der Aromastoffe im Wein. Anteilsziffer der einfaktoriellen Varianzanalyse (Jahr, Düngung), Bestimmtheitsmaß der linearen Regression zwischen Aromastoff und Gesamtaminosäuren (AS) im Most bzw. Mostgewicht (MG). Die Werte sind in Prozent angegeben. Negative Korrelationen sind kursiv. Das Signifikanzniveau ist mit Sternen gekennzeichnet (\*:  $\alpha = 5\%$ , \*\*:  $\alpha = 1\%$ , \*\*\*:  $\alpha = 0,1\%$ ).

| Aromastoffe                | Anteilziffer |         | Bestimmtheitsmaß |        |
|----------------------------|--------------|---------|------------------|--------|
|                            | Jahr         | Düngung | AS               | MG     |
| 3-Methylbutanol            | 57,4***      | 8,3     | 22,4**           | 1,3    |
| 2-Methylbutanol            | 48,1**       | 12,0    | 22,4**           | 2,8    |
| Hexanol                    | 82,9***      | 4,8     | 0,1              | 8,8    |
| 2-Phenylethanol            | 47,7**       | 19,7    | 16,3*            | 3,2    |
| Caprinsäure                | 36,6*        | 12,1    | 10,7             | 0,2    |
| Caprylsäure                | 54,3**       | 9,3     | 7,7              | 0,5    |
| Capronsäure                | 63,6***      | 8,6     | 17,9*            | 0,8    |
| cis-Linalooloxid           | 97,1***      | 0,1     | 2,0              | 19,4*  |
| trans-Linalooloxid         | 96,9***      | 1,0     | 2,4              | 23,2** |
| Linalool                   | 96,5***      | 0,7     | 19,6*            | 7,8    |
| Hotrienol                  | 75,0***      | 3,6     | 0,2              | 0,5    |
| Neroloxid                  | 84,8***      | 3,8     | 0,0              | 22,2*  |
| $\alpha$ -Terpineol        | 74,1***      | 7,3     | 0,3              | 0,6    |
| Ethylacetat                | 32,5         | 13,3    | 20,1*            | 2,4    |
| iso-Butylacetat            | 37,5*        | 47,7    | 16,8*            | 0,2    |
| 3-Methylbutylacetat        | 40,7*        | 11,9    | 0,4              | 0,9    |
| 2-Methylbutylacetat        | 83,3***      | 0,4     | 32,5***          | 10,0   |
| Hexylacetat                | 91,9***      | 1,6     | 51,5***          | 2,0    |
| Phenylethylacetat          | 79,3***      | 1,2     | 6,9              | 3,6    |
| Bernsteinsäurediethylester | 90,6***      | 2,0     | 3,9              | 24,7** |
| Propionsäureethylester     | 61,1***      | 10,5    | 23,9**           | 0,2    |
| iso-Buttersäureethylester  | 94,3***      | 5,1     | 4,9              | 8,2    |
| Buttersäureethylester      | 58,9***      | 11,0    | 42,1***          | 0,2    |
| Milchsäureethylester       | 62,0***      | 4,1     | 2,9              | 5,3    |
| Capronsäureethylester      | 67,8***      | 9,2     | 59,0***          | 0,5    |
| Caprylsäureethylester      | 65,0***      | 15,4    | 67,6***          | 0,2    |
| Caprinsäureethylester      | 60,9***      | 5,6     | 57,3***          | 0,3    |

97% Anteilziffer), die Gehalte an Linalooloxid und Neroloxid waren in den reifen Jahrgängen 1997 und 1998 signifikant erhöht. Linalool verhielt sich dagegen umgekehrt mit sehr hohen Konzentrationen im Jahrgang 1999 (Tab. 3). Bei der Stoffgruppe der höheren Alkohole hatte der Jahrgang einen Anteil von ca. 50% an der Varianz. Es fand sich eine Beeinflussung durch die

kühlere, feuchtere Witterung, die ebenfalls die Aminosäureeinlagerung in die Trauben begünstigte (Tab. 1, Abb. 1). In den gut mit Aminosäuren versorgten Jahren (1995, 1996, 1998) war der Gehalt an Methylbutanol (2- und 3-) im Wein signifikant niedriger als in den anderen Jahren. In der Tendenz gilt dies auch für 2-Phenylethanol, dessen Gehalt vor allem 1999 deutlich über dem der übrigen Jahre lag (Tab. 4). Im Prinzip ist dieses Verhalten auf einen Sekundäreffekt des vergärbaren Stickstoffs im Most zurückzuführen (s. u.). Demgegenüber zeigten die Fettsäuren eine Tendenz zu erhöhtem Vorkommen in reifen Jahrgängen mit hohen Mostgewichten (1996, 1997, 1998), ohne dass dies jedoch mit dem Mostgewicht im Einzelnen korreliert werden konnte. Die Gehalte der Ester - maßgeblich am fruchtigen Aroma der jungen Weine beteiligt - wiesen einen hohen Einfluss der Stickstoffdüngung auf. Der Gehalt an Ethylacetat kann zu 13% mit der Düngung erklärt werden, wobei in der Tendenz die Konzentration an Ethylacetat mit zunehmender Stickstoffdüngung abnimmt. Demgegenüber unterlagen die Konzentrationen der Fettsäureester der Capron-, Capryl- und Caprinsäure einem Düngungseinfluss von 5 bis 15%, wobei die Konzentrationen im

Wein positiv mit der Düngung korrelierten. Die hohe Anteilziffer der Düngung von 47% der Varianz von iso-Butylacetat äußerte sich dagegen nicht in einem einheitlichen Einfluss der Düngung und erscheint somit eher zufälliger Art. Die Regressionsanalyse zwischen den Aromagehalten und dem Gesamtaminosäurestickstoffgehalt bzw. dem Mostgewicht gibt einen Hinweis,

Tab. 3: Konzentration der Terpene ( $\mu\text{g/l}$ ) im Wein  $\pm$  Standardfehler resultierend aus den verschiedenen Düngevarianten. Signifikante Unterschiede zwischen den Jahrgängen sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet.

| Terpene             | Konzentration ( $\mu\text{g/l}$ ) |                  |                  |                   |                  |                  |
|---------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
|                     | 1994                              | 1995             | 1996             | 1997              | 1998             | 1999             |
| cis-Linalooloxid    | 8,4 $\pm$ 0,7 a                   | 29,4 $\pm$ 0,6 b | 6,8 $\pm$ 0,4 a  | 94,8 $\pm$ 4,9 d  | 67,2 $\pm$ 1,0 c | 10,8 $\pm$ 1,5 a |
| trans-Linalooloxid  | 5,8 $\pm$ 0,9 a                   | 12,6 $\pm$ 0,5 b | 5,2 $\pm$ 0,4 a  | 38,0 $\pm$ 1,8 d  | 23,4 $\pm$ 1,2 c | 4,6 $\pm$ 0,4 a  |
| Linalool            | 21,0 $\pm$ 2,1 c                  | 21,0 $\pm$ 2,1 c | 10,0 $\pm$ 0,4 b | 2,4 $\pm$ 0,5 a   | 10,0 $\pm$ 1,5 b | 54,6 $\pm$ 2,1 d |
| Hotrienol           | 16,4 $\pm$ 3,8 ab                 | 29,6 $\pm$ 2,3 b | 10,6 $\pm$ 3,0 a | 14,6 $\pm$ 1,6 ab | 39,8 $\pm$ 3,5 c | 11,8 $\pm$ 1,8 a |
| Neroloxid           | 1,0 $\pm$ 0,0 a                   | 1,4 $\pm$ 0,2 a  | 1,8 $\pm$ 0,4 a  | 5,2 $\pm$ 0,5 b   | 4,6 $\pm$ 0,5 b  | 1,8 $\pm$ 0,4 a  |
| $\alpha$ -Terpineol | 6,6 $\pm$ 1,4 a                   | 9,6 $\pm$ 2,3 ab | 7,8 $\pm$ 1,1 ab | 9,0 $\pm$ 1,9 ab  | 22,6 $\pm$ 2,1 c | 12,8 $\pm$ 1,1 b |

Tab. 4: Konzentration (mg/l) der Aromastoffe im Wein  $\pm$  Standardfehler resultierend aus den verschiedenen Düngevarianten. Signifikante Unterschiede zwischen den Jahrgängen sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet.

|                            | Konzentration (mg/l) |                     |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                            | 1994                 | 1995                | 1996                | 1997                | 1998                | 1999                |
| 3-Methylbutanol            | 44,2 $\pm$ 4,6 b     | 19,8 $\pm$ 2,2 a    | 27,9 $\pm$ 2,0 ab   | 38,4 $\pm$ 3,1 b    | 31,5 $\pm$ 5,0 ab   | 63,3 $\pm$ 12,3 c   |
| 2-Methylbutanol            | 9,8 $\pm$ 1,1 bc     | 6,0 $\pm$ 0,5 a     | 7,2 $\pm$ 0,6 ab    | 9,0 $\pm$ 0,6 ab    | 8,0 $\pm$ 1,6 ab    | 13,1 $\pm$ 1,8 c    |
| Hexanol                    | 2,8 $\pm$ 0,4 c      | 0,5 $\pm$ 0,3 a     | 2,1 $\pm$ 0,1 b     | 3,0 $\pm$ 0,1 cd    | 3,6 $\pm$ 0,2 d     | 1,7 $\pm$ 0,2 b     |
| 2-Phenylethanol            | 10,7 $\pm$ 3,3 a     | 4,1 $\pm$ 1,0 a     | 7,0 $\pm$ 0,7 a     | 7,6 $\pm$ 1,9 a     | 9,0 $\pm$ 2,0 a     | 19,9 $\pm$ 4,6 b    |
| Caprinsäure                | 0,9 $\pm$ 0,2 b      | 0,7 $\pm$ 0,1 b     | 0,9 $\pm$ 0,2 b     | 0,9 $\pm$ 0,1 b     | 1,0 $\pm$ 0,2 b     | 0,3 $\pm$ 0,1 a     |
| Caprylsäure                | 5,6 $\pm$ 0,8 b      | 5,8 $\pm$ 1,2 b     | 5,3 $\pm$ 0,7 b     | 6,6 $\pm$ 0,8 b     | 7,2 $\pm$ 0,6 b     | 1,8 $\pm$ 0,6 a     |
| Capronsäure                | 6,4 $\pm$ 0,7 bc     | 6,1 $\pm$ 1,5 b     | 8,2 $\pm$ 1,0 bcd   | 9,2 $\pm$ 1,0 cd    | 9,8 $\pm$ 0,7 d     | 2,0 $\pm$ 0,8 a     |
| Ethylacetat                | 23,05 $\pm$ 1,51 b   | 22,24 $\pm$ 0,96 b  | 15,62 $\pm$ 1,38 a  | 22,07 $\pm$ 1,61 b  | 24,91 $\pm$ 3,91 b  | 20,52 $\pm$ 1,79 ab |
| iso-Butylacetat            | 0,02 $\pm$ 0,006 ab  | 0,02 $\pm$ 0,004 a  | 0,04 $\pm$ 0,003 b  | 0,01 $\pm$ 0,001 a  | 0,02 $\pm$ 0,011 ab | 0,03 $\pm$ 0,007 ab |
| 3-Methylbutylacetat        | 1,05 $\pm$ 0,527 b   | 0,21 $\pm$ 0,026 a  | 0,67 $\pm$ 0,044 ab | 0,04 $\pm$ 0,001 a  | 0,09 $\pm$ 0,008 a  | 0,26 $\pm$ 0,067 a  |
| 2-Methylbutylacetat        | 0,04 $\pm$ 0,006 c   | 0,02 $\pm$ 0,002 b  | 0,06 $\pm$ 0,006 d  | 0,01 $\pm$ 0,000 a  | 0,01 $\pm$ 0,001 a  | 0,02 $\pm$ 0,004 ab |
| Hexylacetat                | 0,06 $\pm$ 0,008 b   | 0,02 $\pm$ 0,003 a  | 0,13 $\pm$ 0,013 c  | 0,002 $\pm$ 0,000 a | 0,01 $\pm$ 0,001 a  | 0,02 $\pm$ 0,005 a  |
| Phenylethylacetat          | 0,07 $\pm$ 0,015 b   | 0,08 $\pm$ 0,016 bc | 0,13 $\pm$ 0,009 d  | 0,003 $\pm$ 0,001 a | 0,02 $\pm$ 0,002 a  | 0,12 $\pm$ 0,018 cd |
| Bernsteinsäurediethylester | 0,3 $\pm$ 0,04 a     | 0,5 $\pm$ 0,03 a    | 0,2 $\pm$ 0,03 a    | 4,7 $\pm$ 0,6 c     | 1,8 $\pm$ 0,1 b     | 0,2 $\pm$ 0,0 a     |
| Propionsäureethylester     | 0,13 $\pm$ 0,010 bc  | 0,11 $\pm$ 0,003 bc | 0,08 $\pm$ 0,006 a  | 0,13 $\pm$ 0,010 c  | 0,13 $\pm$ 0,004 c  | 0,10 $\pm$ 0,010 b  |
| iso-Buttersäureethylester  | 0,04 $\pm$ 0,003 b   | 0,04 $\pm$ 0,004 b  | 0,02 $\pm$ 0,002 a  | 0,12 $\pm$ 0,005 c  | 0,04 $\pm$ 0,004 b  | 0,01 $\pm$ 0,001 a  |
| Buttersäureethylester      | 0,16 $\pm$ 0,014 b   | 0,15 $\pm$ 0,014 b  | 0,21 $\pm$ 0,013 c  | 0,20 $\pm$ 0,013 bc | 0,18 $\pm$ 0,011 bc | 0,09 $\pm$ 0,026 a  |
| Milchsäureethylester       | 6,67 $\pm$ 1,057 c   | 3,02 $\pm$ 0,556 ab | 2,65 $\pm$ 0,158 a  | 4,81 $\pm$ 0,867 bc | 6,32 $\pm$ 0,616 c  | 2,47 $\pm$ 0,359 a  |
| Capronsäureethylester      | 0,18 $\pm$ 0,024 ab  | 0,16 $\pm$ 0,045 a  | 0,39 $\pm$ 0,035 d  | 0,29 $\pm$ 0,024 cd | 0,26 $\pm$ 0,018 bc | 0,12 $\pm$ 0,029 a  |
| Caprylsäureethylester      | 0,04 $\pm$ 0,010 a   | 0,06 $\pm$ 0,022 a  | 0,28 $\pm$ 0,061 b  | 0,08 $\pm$ 0,014 a  | 0,09 $\pm$ 0,026 a  | 0,07 $\pm$ 0,016 a  |
| Caprinsäureethylester      | 0,24 $\pm$ 0,060 a   | 0,53 $\pm$ 0,263 a  | 1,98 $\pm$ 0,528 b  | 0,23 $\pm$ 0,021 a  | 0,43 $\pm$ 0,081 a  | 0,34 $\pm$ 0,060 a  |

wie sich der Jahrgangseffekt erklären läßt. Bei einigen Aromastoffen lässt sich ein großer Teil des Jahrgangseffekts mit der besseren Stickstoffversorgung erklären. Dazu gehören z.B. die Fettsäureester mit einem Bestimmtheitsmaß um 60%. Bei den Terpenen lässt sich lediglich für Linalool ein Teil der jahrgangsbedingten Streuung durch die unterschiedliche Stickstoffversorgung erklären. Mit zunehmendem Aminosäurestickstoffgehalt im Most fand sich weniger Linalool im Wein. Der Düngungseinfluss auf Linalool war dagegen sehr schwach und in der Tendenz positiv korreliert, so dass dieser Zusammenhang hinterfragt werden muss. Linalooloxid und Neroloxid korrelierten dagegen eher mit dem Mostgewicht der Trauben. Terpeneol schließlich stand in keinem Zusammenhang zu Mostgewicht oder Aminosäurestickstoffgehalt im Most. Die beiden höheren Alkohole 2-Phenylethanol und Methylbutanol reagierten auf witterungsbedingte Unterschiede in der Stickstoffversorgung und Stickstoffdüngung gleich stark. Steigende Stickstoffgehalte im Most führten zu verminderten Konzentrationen an diesen höheren Alkoholen, so dass in dieser Substanzgruppe ein wesentlicher Anteil des Jahrgangseinflusses mit der Stickstoffversorgung erklärt werden kann. Dies kann ebenso für Ethylacetat (mit negativer Korrelation) und Hexyl-

acetat (mit positiver Korrelation), nicht aber für Phenylethylacetat festgestellt werden. Diese Ergebnisse sind mit denen in der Literatur vergleichbar. WEBSTER et al. (1993) fanden ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Stickstoffdüngung und Terpengehalt in Weinen der Sorte 'Riesling'. Dagegen ist der Einfluss der Stickstoffdüngung bzw. der Stickstoffversorgung der Moste auf die höheren Alkohole durch mehrere Arbeiten (BIDAN, 1975; OUGH und BELL, 1980; WEBSTER et al., 1993) belegt. In der Regel bewirkt Stickstoffdüngung eine Abnahme der Gehalte an höheren Alkoholen im Wein. Insbesondere 2-Phenylethanol ist bei Stickstoffmangel erhöht, aber dies gilt auch für weitere „Fuselöle“, wie 2-Methylbutanol und 3-Methylbutanol. Die Ester, vor allem die Acetatester, korrelieren positiv mit der Stickstoffversorgung der Rebe und dem Aminosäuregehalt im Most (WEBSTER et al., 1993). Diese Beeinflussung der Aromenbildung konnte auch durch Dotierung von Aminosäuren (RAPP und VERSINI, 1996) oder Gärtsalzen nachgewiesen werden (BOSSO, 1996).

### Hauptkomponentenanalyse

Mittels Hauptkomponentenanalyse wurde festgestellt, dass bereits ca. 70% der Streuung in den sensorischen Attributen schon alleine durch einen einzigen Faktor

Tab. 5: Rangordnungstest (niedrige Zahl für besseren Wein) sowie Mittelwerte und Standardfehler der Sensorik nach dem DLG-Schema der Attribute Geruch, Geschmack, Gesamtzahl (0 bis 5 Punkte). Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet. (Prüferzahl mal Wiederholung in 1994: 17 x 1; 1995: 17 x 1; 1996: 16 x 2; 1997: 17 x 2; 1998: 17 x 2; 1999: 16 x 2)

|               | N (kg/ha) | 1994         | 1995       | 1996       | 1997       | 1998       | 1999          |
|---------------|-----------|--------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
|               | 0         | 1,7          | 2,3 b      | 1,8        | 2,0        | 2,2        | 1,7 a         |
| Rang          | 60        | 2,2          | 1,7 a      | 1,8        | 1,8        | 1,9        | 2,3 b         |
|               | 150       | 2,1          | 2,0 ab     | 2,4        | 2,2        | 1,9        | 2,0 ab        |
|               | 0         | 1,9 ± 0,21   | 2,2 ± 0,23 | 2,1 ± 0,14 | 1,8 ± 0,09 | 2,5 ± 0,14 | 1,9 ± 0,11    |
| DLG-Geruch    | 60        | 1,7 ± 0,24   | 2,0 ± 0,27 | 2,0 ± 0,13 | 2,0 ± 0,11 | 2,6 ± 0,14 | 2,2 ± 0,10    |
|               | 150       | 1,8 ± 0,20   | 2,3 ± 0,24 | 2,0 ± 0,14 | 1,8 ± 0,11 | 2,7 ± 0,15 | 2,2 ± 0,14    |
|               | 0         | 2,2 ± 0,20 a | 1,9 ± 0,22 | 2,3 ± 0,12 | 2,1 ± 0,10 | 2,8 ± 0,15 | 2,4 ± 0,11 b  |
| DLG-Geschmack | 60        | 1,3 ± 0,20 b | 2,2 ± 0,25 | 2,2 ± 0,11 | 2,1 ± 0,11 | 2,8 ± 0,12 | 2,0 ± 0,10 a  |
|               | 150       | 1,5 ± 0,14 b | 2,1 ± 0,20 | 2,0 ± 0,10 | 1,9 ± 0,13 | 2,6 ± 0,15 | 2,1 ± 0,11 ab |
|               | 0         | 2,1 ± 0,20 a | 2,0 ± 0,23 | 2,2 ± 0,12 | 2,0 ± 0,10 | 2,7 ± 0,16 | 2,2 ± 0,11    |
| DLG-Gesamt    | 60        | 1,4 ± 0,22 b | 2,1 ± 0,25 | 2,1 ± 0,12 | 2,0 ± 0,11 | 2,7 ± 0,13 | 2,1 ± 0,10    |
|               | 150       | 1,6 ± 0,17 b | 2,1 ± 0,21 | 2,0 ± 0,12 | 1,9 ± 0,11 | 2,6 ± 0,15 | 2,1 ± 0,12    |

bestimmt werden (Abb. 2). Dieser Faktor ist eng mit den Attributen Geschmack und UTA korreliert. Die zweite Hauptkomponente erklärt noch weitere 14% der Streuung. Weitere Faktoren haben einen Eigenwert deutlich unter 1, so dass sie keine weitere Reduktion der Variablen zulassen. Da mit den zwei Faktoren (Dimensionen) bereits über 80% der Variabilität der sensorischen Ergebnissen erklärt werden können, lassen sich durch die Projektion der Variablen auf die zwei Hauptkomponenten sehr gut die Zusammenhänge zwischen den Attributen erkennen sowie die Beurteilung der einzelnen Weine ablesen. Enge Winkel zwischen den Pfeilen bedeuten eine starke positive Korrelation zwischen den entsprechenden Attributen. Die hohe Korrelation zwischen den DLG-Attributen Geschmack und Harmonie sowie der Gesamtqualitätzahl nach dem DLG-Schema sind methodisch bedingt. Nach den Regeln des DLG-Schemas darf das Attribut Harmonie nur um 0,5 Punkte vom Geschmack abweichen, somit gehen diese beide Attribute auch eng korreliert in die DLG-Gesamtzahl als Summe ein. Der Geruch der Weine ist dagegen erwartungsgemäß eigenständiger, wenn auch mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,6 immer noch hoch signifikant mit dem Geschmack korreliert. Der UTA korreliert mit allen DLG-Attributen in etwa gleich stark negativ. Hier täuscht die Projektion auf die Hauptkomponentenebene bezüglich der tatsächlichen Winkel zwischen den Pfeilen. Das Bestimmtheitsmaß zwischen Geruch bzw. Geschmack und UTA beträgt 0,66 bzw. 0,68. Die Attribute der deskriptiven Sensorik Fruchtig, Blumig und Vegetativ sind größtenteils unabhängig voneinander. Lediglich zwischen Fruchtig und

Vegetativ ist eine signifikant negative Korrelation mit  $r^2$  von 0,27 festzustellen. Der vegetative Geruch wird beim 'Riesling' als negative Ausprägung angesehen. Dementsprechend korreliert dieses Attribut auch negativ mit den DLG-Attributen und positiv mit der UTA-Note. Der fruchtige Aromaeindruck korreliert sehr eng mit dem DLG-Attribut Geruch. Der fruchtige Geruch ist folglich beim 'Riesling' qualitätsbestimmend. Der blumige Geruch ist dagegen eigenständig und

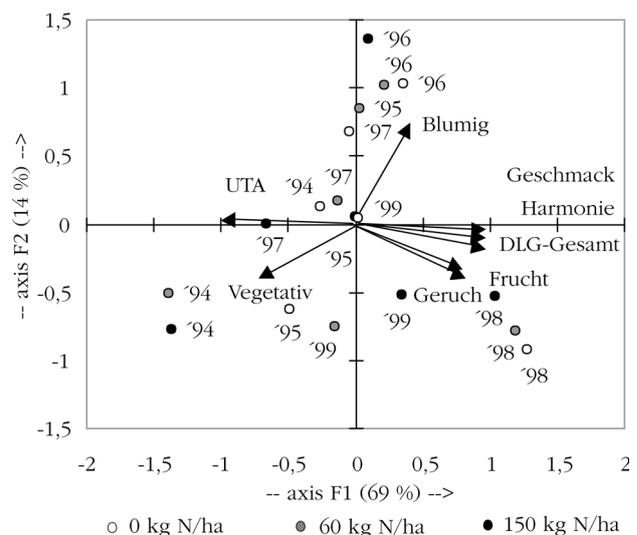


Abb. 2: Hauptkomponentenanalyse der Attribute bei der Sensorik (Faktoren) in den Versuchsjahren 1994 bis 1999 und den Düngevarianten 0, 60, 150 kg N/ha (Beobachtungen)

Tab. 6: Mittelwerte und Standardfehler der deskriptiven Sensorik der Attribute Fruchtig, Blumig, Vegetativ, UTA (0 bis 10 Punkte). Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet. (Prüferzahl mal Wiederholung in 1994: 17 x 1; 1995: 17 x 1; 1996: 16 x 2; 1997: 17 x 2; 1998: 17 x 2; 1999: 16 x 2)

|           | N (kg/ha) | 1994          | 1995       | 1996       | 1997         | 1998       | 1999          |
|-----------|-----------|---------------|------------|------------|--------------|------------|---------------|
| Fruchtig  | 0         | 2,7 ± 0,30    | 2,8 ± 0,36 | 2,8 ± 0,35 | 3,3 ± 0,44   | 4,6 ± 0,36 | 3,3 ± 0,52    |
|           | 60        | 2,7 ± 0,39    | 3,6 ± 0,41 | 2,9 ± 0,38 | 2,9 ± 0,39   | 4,6 ± 0,47 | 3,0 ± 0,53    |
|           | 150       | 2,5 ± 0,25    | 3,6 ± 0,39 | 3,1 ± 0,44 | 2,8 ± 0,33   | 4,5 ± 0,36 | 4,5 ± 0,55    |
| Blumig    | 0         | 2,9 ± 0,35    | 2,6 ± 0,31 | 3,1 ± 0,44 | 2,9 ± 0,38   | 2,5 ± 0,34 | 2,7 ± 0,45    |
|           | 60        | 2,3 ± 0,31    | 3,5 ± 0,42 | 3,2 ± 0,40 | 2,8 ± 0,39   | 2,9 ± 0,35 | 2,5 ± 0,36    |
|           | 150       | 2,4 ± 0,31    | 3,1 ± 0,38 | 3,4 ± 0,45 | 2,8 ± 0,35   | 3,3 ± 0,39 | 2,7 ± 0,27    |
| Vegetativ | 0         | 2,8 ± 0,33 a  | 3,3 ± 0,32 | 1,6 ± 0,35 | 2,1 ± 0,34   | 2,0 ± 0,34 | 2,3 ± 0,36 ab |
|           | 60        | 3,3 ± 0,41 ab | 2,7 ± 0,35 | 2,1 ± 0,33 | 2,5 ± 0,36   | 2,2 ± 0,33 | 2,6 ± 0,37 b  |
|           | 150       | 4,2 ± 0,37 b  | 3,0 ± 0,34 | 1,6 ± 0,32 | 3,1 ± 0,42   | 2,0 ± 0,38 | 1,6 ± 0,29 a  |
| UTA       | 0         | 4,0 ± 0,72    | 3,9 ± 0,73 | 1,4 ± 0,54 | 2,3 ± 0,58 a | 0,2 ± 0,15 | 3,3 ± 0,71 b  |
|           | 60        | 5,3 ± 0,72    | 3,2 ± 0,67 | 2,0 ± 0,61 | 2,2 ± 0,52 a | 0,4 ± 0,33 | 1,5 ± 0,40 a  |
|           | 150       | 5,5 ± 0,74    | 2,8 ± 0,68 | 2,3 ± 0,65 | 4,6 ± 0,80 b | 0,4 ± 0,43 | 1,2 ± 0,39 a  |

wurde von den Prüfern weder negativ noch positiv bewertet.

### Sensorik

Trotz einer Vielzahl von analytischen Daten ist eine sensorische Prüfung unablässig zur Beurteilung der Weinqualität. In der amtlichen Qualitätsweinprüfung und auch für den Endverbraucher spielt die Sensorik eine Hauptrolle bei der Bewertung der Weine.

Beim Rangordnungstest fanden sich in zwei Jahrgängen (1995, 1999) statistisch abgesicherte Ergebnisse (Tab. 5). In der Tendenz bleibt aber festzuhalten, dass in drei der sechs Versuchsjahre die nicht gedüngte Nullvariante am besten bewertet wurde, die hoch mit Stickstoff gedüngte Variante wurde lediglich 1998 als bester Wein beurteilt. Die Weine aus der 60 kg N/ha-Variante lagen sogar viermal mit auf dem ersten Platz. Die Bewertung der Weine nach dem DLG-Schema bestätigt diese Ergebnisse (Tab. 5). In vier Jahrgängen (1994, 1996, 1998, 1999) erhielt die Nullvariante höhere Punktzahlen als die hochgedüngte Variante. Mit Ausnahme des Jahrgangs 1996 wurden die Weine der Nullvariante auch besser bewertet als jene der 60 kg N/ha-Variante. Für diese Bevorzugung der Nullvariante waren hauptsächlich die Attribute Geschmack und Harmonie verantwortlich. Hier spielte die höhere Restsüße der Nullvariante vor allem 1994 und 1999 eine wichtige Rolle. Im Attribut Geruch wurde die Nullvariante vor allem bei den jungen Weinen der Jahrgänge 1998 und 1999 schlechter bewertet. Die Verkostungen der Jahrgänge 1994 und 1995 erbrachten ein ähnliches Ergebnis. Auch als junger Wein wurde beim Jahrgang 1994 die ungedüngte Variante im Geruch tendenziell besser und

in Geschmack, Harmonie und Gesamtzahl signifikant besser beurteilt als die gedüngten Varianten (PRIOR, 1997). Bei der früheren Verkostung des Jahrgangs 1995 fiel vor allem der Wein aus der hochgedüngten Variante mit einer wesentlich niedrigeren Qualitätszahl auf (BLESER, 1999). Aus anderen Versuchen zur Weinqualität bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung wurde bisher vornehmlich von positiven Effekten der Düngung berichtet (KANNENBERG, 1993; MAIGRE 1998; SEITER, 2000; ZIEGLER, 2002). Seltener wurde kein Einfluss der Stickstoffdüngung auf die sensorische Weinqualität gefunden (SCHWAB, 1998; MÜLLER, 1999). Dies zeigt sich auch hier bei den Aromaattributen in der deskriptiven Sensorik (Tab. 6). Auf einer Skala von 0 bis 10 erreichten die Weine im Schnitt lediglich eine Bewertungszahl von 3 in den Attributen Blumig und Fruchtig. Dabei wies das Attribut Blumig die geringste Varianz aller untersuchten Geruchsattribute auf. Dagegen zeigten die Weine relativ große Unterschiede in ihrer Fruchtigkeit. Die früher verkosteten Weine der Jahrgänge 1998 und 1999 waren erwartungsgemäß deutlich fruchtiger im Vergleich zu den länger gelagerten Weinen. Aber auch die Weine des Jahrgangs 1995 erwiesen sich nach drei Jahren Lagerung immer noch als fruchtiger im Vergleich zu den ebenso lange gelagerten Weinen der Jahrgänge 1996 und 1997 nach zwei Jahren Lagerung. Dabei beeinflussten der späte Lesetermin und das hohe Mostgewicht in den Jahren 1996 und 1997 womöglich die Ausprägung der fruchtigen Aromen negativ. Die hohe Stickstoffdüngung wirkte sich im Jahr 1999 besonders positiv auf das fruchtige Aroma der Weine aus, 1998 waren alle Weine sehr fruchtig. Lediglich 1995 fand sich noch ein positiver Einfluss der Stickstoffdüngung

Tab. 7: Geruchsschwellenwert (mg/l) und Aromawert (Quotient aus Konzentration und Geruchsschwelle) in den Versuchsjahren 1998 und 1999 und den Düngestufen 0, 60, 150 kg N/ha. Bestimmtheitsmaß (%) der Regression zwischen Aromawert und sensorischer Intensität der Attribute Fruchtig und Blumig. (Kursiv für negative Korrelation). Signifikante Korrelationen sind mit Sternen gekennzeichnet (\*:  $\alpha = 5\%$ )

| Aromasubstanz   | Aroma-<br>eindruck        | Geruchs-<br>schwelle | Aromawert          |                       |                |              |                       |                | Bestimmtheitsmaß |        |       |
|-----------------|---------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|----------------|--------------|-----------------------|----------------|------------------|--------|-------|
|                 |                           |                      | 0 kg<br>N/ha       | 1998<br>60 kg<br>N/ha | 150 kg<br>N/ha | 0 kg<br>N/ha | 1999<br>60 kg<br>N/ha | 150 kg<br>N/ha | Fruchtig         | Blumig |       |
| Fruchtig        | Caprylsäureethylester     | fruchtig             | 0,005 <sup>2</sup> | 8,4                   | 31,2           | 13,2         | 2,0                   | 12,2           | 21,8             | 28,9   | 7,0   |
|                 | Capronsäureethylester     | Apfel                | 0,014 <sup>2</sup> | 17,9                  | 23,3           | 16,1         | 1,7                   | 7,8            | 14,6             | 75,0*  | 10,5  |
|                 | Buttersäureethylester     | Apfel                | 0,02 <sup>1</sup>  | 7,7                   | 10,9           | 8,2          | 1,0                   | 4,1            | 8,7              | 76,3*  | 14,2  |
|                 | 3-Methylbutylacetat       | Eisbonbon            | 0,03 <sup>1</sup>  | 2,2                   | 3,5            | 2,9          | 3,2                   | 5,5            | 14,6             | 1,1    | 3,0   |
|                 | Ethylacetat               | Ananas               | 7,5 <sup>1</sup>   | 3,2                   | 1,5            | 1,6          | 1,3                   | 1,8            | 1,7              | 11,2   | 21,8  |
|                 | Caprinsäureethylester     | Traube               | 0,2 <sup>2</sup>   | 1,3                   | 2,7            | 3,5          | 0,6                   | 1,8            | 2,3              | 30,0   | 60,4  |
|                 | iso-Buttersäureethylester | süß                  | 0,015 <sup>1</sup> | 1,7                   | 3,4            | 2,8          | 0,8                   | 0,9            | 0,9              | 40,2   | 46,4  |
|                 | Phenylethylacetat         | fruchtig, süß        | 0,25 <sup>1</sup>  | 0,0                   | 0,0            | 0,0          | 0,1                   | 0,1            | 0,2              | 12,0   | 14,4  |
|                 | Capronsäure               | süß                  | 0,42 <sup>2</sup>  | 22,9                  | 22,4           | 23,2         | 1,0                   | 4,5            | 12,3             | 80,0*  | 22,9  |
|                 | Caprylsäure               | süß                  | 1 <sup>2</sup>     | 5,1                   | 8,3            | 7,6          | 0,5                   | 2,2            | 3,7              | 63,5   | 41,0  |
| 2-Phenylethanol | Rose                      | 10 <sup>1</sup>      | 1,7                | 0,7                   | 0,7            | 1,7          | 2,4                   | 1,1            | 62,8             | 64,9   |       |
| Blumig          | Linalool                  | blumig               | 0,015 <sup>1</sup> | 0,4                   | 0,6            | 0,9          | 3,6                   | 3,5            | 4,1              | 40,9   | 14,8  |
|                 | Caprinsäure               | süß                  | 0,5 <sup>2</sup>   | 1,1                   | 2,3            | 2,0          | 0,2                   | 1,2            | 0,7              | 24,6   | 34,9  |
|                 | Hotrienol                 | blumig, süß          | 0,11 <sup>3</sup>  | 0,3                   | 0,4            | 0,4          | 0,1                   | 0,1            | 0,2              | 71,3   | 45,5  |
|                 | Hexanol                   | grün                 | 8 <sup>1</sup>     | 0,5                   | 0,4            | 0,4          | 0,2                   | 0,2            | 0,2              | 49,5   | 7,1   |
|                 | 3-Methylbutanol           | weinig               | 30 <sup>1</sup>    | 1,7                   | 0,9            | 1,0          | 1,6                   | 2,3            | 1,5              | 53,3   | 65,2* |

Aromaeindruck und Geruchsschwelle nach: <sup>1</sup> GUTH (1997), <sup>2</sup> FERREIRA et al. (2000), <sup>3</sup> WÜST (2003)

auf die Fruchtigkeit der Weine. In den Jahren 1994 und 1997 wirkte sich die Düngung tendenziell negativ auf die Fruchtigkeit der Weine aus. Das Aromaattribut Fruchtig lässt sich aber nicht isoliert vom Untypischen Alterungston (UTA) betrachten, da diese beiden Aromen negativ korrelieren. Es ist bekannt, dass mit UTA behaftete Weine weniger fruchtig wirken (RAPP et al., 1993; CHRISTOPH et al., 1995). In vorliegender Studie konnte bestätigt werden, dass Weine mit höherer UTA-Note auch weniger fruchtig sind. Dies steht zum Teil in ursächlichem Zusammenhang, da das fruchtige Aroma durch die Entwicklung eines UTA als weniger fruchtig wahrgenommen wird und umgekehrt bei wenig fruchtigen Weinen eher ein UTA sensorisch wahrgenommen werden kann. Darüber hinaus kann die berichtete negative Korrelation zwischen den beiden Aromaattributen Fruchtig und UTA aber auch darauf beruhen, dass die ihnen zugrunde liegenden Aromastoffe in umgekehrtem Verhältnis auf Stress für die Rebe reagieren. Dies kann in dem hier vorliegenden Fall aber nicht bestätigt werden, die fruchtigen Fettsäuren nehmen, wie hier gezeigt, mit der Düngung zu, gleiches gilt aber für o-Aminoacetophenon (AAP), den Hauptverursacher von UTA, so dass bei Stickstoffdüngung eher von einer positiven Korrelation ausgegangen werden muss (LÖHNERTZ et al., 2002).

### Bestimmung des Aromaeindrucks anhand der Aromastoffkonzentration

Die sensorische Bedeutung der Aromastoffe im Wein ergibt sich aus dem Vergleich der Konzentrationen mit den entsprechenden Geruchsschwellen im Wein. Dadurch resultiert der Aromawert aus dem Quotient von Konzentration und Geruchsschwelle. Geruchsschwellenwerte im Wein werden in der Literatur z.T. allerdings unterschiedlich angegeben (FRANCIS und NEWTON, 2005). Auch der Geruchseindruck der Aromastoffe wird verschieden beschrieben. Dies kann auf ein von der Konzentration abhängiges Aroma zurückgeführt werden. Ethylacetat wird z.B. mit dem Aromaeindruck von Ananas beschrieben (GUTH, 1997) bzw. als süß und fruchtig (LEE and NOBLE, 2003), ruft bei hohen Gehalten aber einen Lösungsmittelton hervor und erinnert im Geruch an Klebstoff (DITTRICH, 1987). Der Geruchseindruck und die Intensität entstehen allerdings aus dem Zusammenwirken der verschiedenen Aromakomponenten und sind deshalb aus den analytischen Daten nicht einfach ableitbar. Ein Vergleich mit den entsprechenden Aromawerten ist bei diesen sensorischen Daten nur mit den Weinen von 1998 und 1999 sinnvoll, da hier die Sensorik und Aromaanalytik zeitlich nicht zu weit auseinander lagen. Vor allem die geringe Fruchtigkeit der 0 und 60 kg N/ha-Varianten des Jahrgangs

1999 lassen sich anhand der niedrigen Aromawerte der Ester erklären (Tab. 7). Die größte Übereinstimmung mit dem fruchtigen Aroma fand sich bei der Capronsäure sowie den Ethylestern der Buttersäure und der Capronsäure. Das etwas stärkere blumige Aroma des Jahrgangs 1998 ist nicht auf die Aromastoffe mit typisch blumigem Geruchseindruck zurückzuführen. Die meisten erfassten Terpene liegen in ihren Aromawerten deutlich unter 1 und waren dementsprechend nicht direkt geruchswirksam. Terpeneol und Hotrienol mit Geruchsschwellenwerten von 0,44 mg/l bzw. 0,11 mg/l (WÜST, 2003) wiesen Aromawerte  $<0,1$  auf. Es ist aber zu beachten, dass auch Aromastoffe mit Aromawerten unterhalb 1 den Geruch durch additive Effekte mitbestimmen können (FRANCIS und NEWTON, 2005). Lediglich die Konzentrationen an Linalool der Weine des Jahrgangs 1999 lagen über dem Geruchsschwellenwert. Der blumige Geruch war aber mit Linalool und vor allem mit 2-Phenylethanol negativ korreliert. Womöglich ist ein Teil des blumigen Aromas auf den süßen Geruchseindruck der Fettsäuren zurückzuführen. Neben der grundsätzlichen Schwierigkeit, den Geruchseindruck aus chemischen Werten zu bestimmen, wurden aber auch weitere wichtige Aromakomponenten, wie z.B. die schwefelhaltigen Aromen, nicht untersucht. Diese werden in höheren Konzentrationen als negativ wahrgenommen, können jedoch in geringen Konzentrationen das Aroma positiv beeinflussen (RAUHUT, 1996). Einschränkend muss bemerkt werden, dass die Unterschiede in sensorischen Daten schwer abzuschätzen sind. Die Unterschiede zwischen den Prüfern führen oft zu großen Streuungen in der Weinbewertung. Diese methodische Unsicherheit haftet der nachfolgenden mathematischen Modellbildung ebenfalls an. Außerdem wurden aufgrund der aufwändigen sensorischen und chemischen Analysen nur wenige Weine untersucht. GUTH (1997) zeigte anhand zweier Weine der Sorten 'Gewürztraminer' und 'Scheurebe', dass die typischen Sortenunterschiede im Aroma hauptsächlich auf cis-Rosenoxid bei 'Gewürztraminer' und auf 4-Mercapto-4-methylpentan-2-on bei 'Scheurebe' zurückzuführen sind. LEE und NOBLE (2003) verglichen 19 kalifornische Weine der Sorte 'Chardonnay'. Davon wiesen aber lediglich zwei ein fruchtiges Aroma auf, die übrigen Weine waren im Aroma vom Eichenfass bestimmt. Sie fanden somit gute Übereinstimmung zwischen dem fruchtigen Geruch und den Aromastoffen Phenylethylacetat, Methylbutylacetat mit Erklärungsanteilen unter 50% bzw. dem blumigen Geruch und Linalool mit einem Erklärungsanteil um 70%. AZNAR et

al. (2003) bestimmten bei 57 Rotweinen aus sieben spanischen Weinanbaugebieten den Aromawert von 27 Aromastoffen mit Konzentrationen über dem Geruchsschwellenwert. Anhand der Aromawerte von 10 Aromastoffen konnten sie auf den fruchtigen Geruch mit einem Bestimmtheitsmaß von 45% schließen. Gute positive Korrelationen fanden sie zu  $\beta$ -Damascenon, während die Fettsäuren das fruchtige Aroma negativ beeinflussten. Das Aromaattribut UTA ist auf o-Aminoacetophenon (AAP) als einzige Hauptaromakomponente zurückzuführen. Doch auch hier spielen Matrixeffekte eine Rolle, so dass der Geruchseindruck durch weitere Aromen abgeschwächt oder möglicherweise auch verstärkt wird. In demselben Versuch konnte gezeigt werden, dass die Konzentration von AAP im Wein in der Regel mit zunehmender Stickstoffdüngung ansteigt, ohne dass der Jahrgangseffekt den Düngeeffekt wesentlich übersteigt (LÖHNERTZ et al., 2002). Der UTA-Eindruck muss also wesentlich von weiteren Aromakomponenten mitbeeinflusst sein; so waren möglicherweise die starken Fruchtaromen in den Weinen des Jahrgangs 1998 in der Lage, die UTA-Note im Wein zu überdecken.

### Schlussfolgerung

Die Aromenbildung im Wein wird von der Stickstoffversorgung mitbestimmt. Mehr als die Hälfte der untersuchten Aromastoffe werden signifikant zu mindestens 16 % von der Aminosäurenkonzentration im Most beeinflusst. Bei einem Viertel der Aromen liegt das Bestimmtheitsmaß zwischen 33 und 68%. Im Vergleich dazu wurde bei einer Regression mit dem Mostgewicht lediglich bei einem Siebtel der Aromen ein  $r^2$  über 16% gefunden, der Maximalwert lag hier bei 25%. So wie die Stickstoffdüngung nur einen nachrangigen Einfluss auf die Stickstoffversorgung der Rebe hat - der Jahrgangseinfluss über Witterung, Gesundheitszustand und Lesezeitpunkt liegt um eine Größenordnung darüber - so liegt auch in dieser Untersuchung der Düngungseinfluss deutlich unter dem Jahrgangseinfluss. Auch wenn der Einfluss der Düngung auf die Aromastoffbildung in diesem Fall nicht abgesichert werden kann, so ist es plausibel, aufgrund der Korrelation zwischen den Aminosäuren im Most und den Aromen ebenfalls von einem untergeordneten Düngungseinfluss auszugehen. Darüber hinaus fanden sich noch viele Aromastoffe, z.B. die Terpene, die weder von der Aminosäurekonzentration im Most noch vom Mostgewicht beeinflusst sind. Die Verkostungen zeigten keine eindeutige Bevorzugung einer bestimmten Düngungs-

riante. In der Tendenz scheinen die jüngeren Weine in ihrer Aromaqualität von einer Stickstoffdüngung zu profitieren. Bei den gealterten Weinen war dies nicht mehr zu beobachten. Beim Gesamteindruck der Weine spielt der Geschmack eine vorherrschende Rolle. Ohne die sensorischen Daten absichern zu können, zeichnet sich eine leichte Bevorzugung der mit 60 kg N/ha gedüngten Variante ab. Eine wesentlich höhere Stickstoffdüngung (150 kg N/ha) wurde tendenziell schlechter bewertet. Beim Vergleich zwischen Aromawerten und dem Geruchseindruck konnten gute Übereinstimmungen zwischen Capronsäure, Buttersäureethylester und Capronsäureethylester und dem fruchtigen Geruch gefunden werden. Es war somit beschränkt möglich, das Aroma von den vorhandenen analytischen Daten abzuleiten. Dies muss jedoch anhand weiterer Untersuchungen überprüft werden. Des Weiteren muss untersucht werden, ob dieser statistische Zusammenhang ursächlicher Natur ist.

## Literatur

- AZNAR, M., LÓPEZ, R., CACHO, J. and FERREIRA, V. 2003: Prediction of aged red wine aroma properties from aroma chemical composition. Partial least squares regression models. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2700-2707
- BIDAN, P. 1975: Relation entre la teneur des vins en alcools supérieurs et la teneur des moûts en substances azotées en particulaire en acides aminés. *Bull. O.I.V.* 48: 842-867
- BLESER, M. (1999): Einfluss von N-Düngung und Begrünung auf die Gesamt-N-, Aminosäure-N- und Polyamin-N-Gehalte in Beeren, Mosten und Weinen von *Vitis vinifera* L. (cv. Riesling) im Verlauf zweier Vegetationsperioden. *Diss. Univ. Gießen, 1999 (Geisenheimer Berichte ; 42)*
- BOSSO, A. 1996: Influenza dell'aggiunta di dosi crescenti di azoto ammoniacale ai mosti sulla composizione in sostanze volatili di origine fermentativa e sulle principali caratteristiche olfattive di alcuni vini bianchi. *Riv. Vitic. Enol.* 49(3): 3-28
- CHRISTOPH, N., BAUER-CHRISTOPH, C., GESSNER, M. und KÖHLER, H.J. 1995: Die „Untypische Alterungsnote im Wein“, Teil I: Untersuchungen zum Auftreten und zur sensorischen Charakterisierung der „Untypischen Alterungsnote“. *Rebe Wein* 48: 350-356
- DITTRICH, H. (1987): *Mikrobiologie des Weines*. - Stuttgart: Ulmer, 1987
- FRANCIS, I.L. and NEWTON, J.L. 2005: Determining wine aroma from compositional data. *Austral. J. Grape Wine Res.* 11(2): 114-126
- KANNENBERG, J. 1993: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Weinqualität bei Blauem Spätburgunder, Teil 1 und Teil 2. *Rebe und Wein* 46: 351-353, 377-380
- FERREIRA, V., LÓPEZ, R. and CACHO, J.F. 2000: Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *J. Sci. Food Agric.* 80: 1659-1667
- GUTH, H. 1997: Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3027-3032
- LEE, S.-J. and NOBLE, A.C. 2003: Characterization of odor-active compounds in Californian Chardonnay wines using GC-olfactometry and GC-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 51: 8036-8044
- LÖHNERTZ, O., SCHULTZ, H.R., HÜNNECKE, B. und LINSSENMEIER, A. (2002): Weinbauliche Maßnahmen zur Vermeidung von UTA. *Internat. Oenolog. Symposium Int. Vereinigung f. Oenol., Betriebsführung und Weinmarketing e.V.*, S. 215-228. - Montpellier, 10.-12. Juni 2002
- LÖHNERTZ, O. und RAUHUT, D. 1997: Bedeutung der Stickstoffversorgung für die Hefeernährung und die Weinqualität. *Bad. Winzer* (6): 36 - 41, (7): 20-22
- MAIGRE, D. 1998: Einfluß der Begrünung und der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Gutedel-Weinen. *Dt. Weinbau-Jahrb.* 49: 103-114
- MÜLLER, E. 1999: 15 Jahre Stickstoffdüngungsversuche: Erfahrungen und Konsequenzen. *Dt. Weinmagazin* (19): 27-31, (20): 29 - 32
- OUGH, C.S. and BELL, A.A. 1980: Effects of nitrogen fertilization of grapevines on amino acid metabolism and higher-alcohol formation during grape juice fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.* 31: 122-123
- PRIOR, B. (1997): Einfluss der Stickstoffversorgung auf die löslichen Aminosäuren in den Organen von *Vitis vinifera* L. (c.v. Riesling) und auf die Qualität des Mostes und des Weines. - *Diss. Univ. Gießen, 1997 (Geisenheimer Berichte ; 32)*
- RAUHUT, D. (1996): Qualitätsmindernde schwefelhaltige Stoffe im Wein: Vorkommen, Bildung, Beseitigung. - *Diss. Univ. Gießen, 1996 (Geisenheimer Berichte ; 24)*
- RAPP, A. and VERSINI, G. 1996: Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines. *Vitic. Enol. Sci.* 51(3): 193-203
- RAPP, A., VERSINI, G. und ULLEMEYER, H. 1993: 2-Aminoacetophenon: Verursachende Komponente der „untypischen Alterungsnote“ („Naphthalinon“, „Hybridton“) bei Wein. *Vitis* 32: 61-62
- RAPP, A., YAVAS, I. und HASTRICH, H. 1994: Einfache und schnelle Anreicherung („Kaltronmethode“) von Aromastoffen des Weines und deren quantitative Bestimmungen mittels Kapillargaschromatographie. *Dt. Lebensmittel-Rundsch.* 90(6): 171-174
- SCHWAB, A. 1998: Extensivierung von Bodenpflege und Düngung und deren Auswirkung auf die Most- und Weinqualität. *Dt. Weinbau-Jahrb.* 49: 93-101
- SEITER, P. (2000): Der Einfluß von Stickstoffdüngung und Bodenpflege auf die Stickstoffversorgung der Rebe und die Weinqualität. Eine Studie zum Problem des „untypischen Alterungsstons“. - *Diss. Albert-Ludwig-Universität Freiburg im Breisgau, 2000*
- WEBSTER, D.R., EDWARDS, C.G., SPAYD, S.E., PETERSON, J.C. and SEYMOUR, B.J. 1993: Influence of vineyard nitrogen fertilization on the concentrations of monoterpenes, higher alcohols and esters in aged 'Riesling' wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 44: 275 - 285
- WÜST, M. 2003: Zur Biochemie des sortentypischen Weinaromas. *Wein-Qualität entscheidet sich in Nanogramm. Chemie Unserer Zeit* 37(1): 8-17
- ZIEGLER, B. 2002: Stickstoff(N)-Düngung: die ständige Gratwanderung. *Dt. Weinmagazin* (8): 26-32

Manuskript eingelangt am 2. Dezember 2005