

GEISENHEIMER BERICHTE

Einfluss der Stickstoffversorgung der Rebe
(*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) auf den
untypischen Alterungston

Veröffentlichungen der
Forschungsanstalt Geisenheim

Albert Linsenmeier



Band 60

**Einfluss der Stickstoffversorgung der
Rebe (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) auf den
untypischen Alterungston**

Albert Linsenmeier

eingereicht 2006

zur Erlangung des Doktorgrades beim Fachbereich Agrar-
wissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement der
Justus-Liebig-Universität Gießen

Albert Linsenmeier

Einfluss der Stickstoffversorgung der Rebe
(*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) auf den untypischen Alterungston

Geisenheim, 2007

ISBN - 10: 3-934742-22-X

ISBN - 13: 978-3-934742-22-2

Herausgeber: Gesellschaft zur Förderung
der Forschungsanstalt Geisenheim e.V.

Satz: Albert Linsenmeier

Einbandgestaltung: Günter Sattler, Wiesbaden

Druck: Langer GmbH, Eltville

Alle Rechte, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung und Verbreitung, vorbehalten.
Kein Teil des Buches darf ohne Genehmigung der Gesellschaft zur Förderung der
Forschungsanstalt Geisenheim e.V. reproduziert, verarbeitet oder vervielfältigt werden.

© 2007

Aus dem Institut für Pflanzenernährung
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Prof. Dr. Sven Schubert

und

dem Institut für Biologie
- Fachgebiet für Bodenkunde und Pflanzenernährung -
der Forschungsanstalt Geisenheim
Prof. Dr. Otmar Löhnertz

**Einfluß der Stickstoffversorgung
der Rebe (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling)
auf den untypischen Alterungston**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Albert Linsenmeier
aus Offnadingen

2006

Inhalt

Abkürzungen

1 EINLEITUNG.....	1
2 LITERATURÜBERSICHT	2
2.1 UTA - erstes Auftreten, sensorische Eigenschaft, ökonomische Bedeutung.....	2
2.2 Verursachende Aromakomponenten, Bildungsweg, Vorstufen, Matrixeffekt.....	4
2.3 Kellerwirtschaftliche Behandlungsmethoden.....	7
2.4 Weinbauliche Ursachenforschung.....	9
2.5 Empfehlungen zur Verminderung des UTA.....	14
3 MATERIAL UND METHODEN.....	15
3.1 Versuchsaufbau.....	15
3.2 Analyse der freien und gebundenen IES sowie von Trp und Trp-Derivaten.....	18
3.3 Weitere Analysen.....	20
3.4 Sensorik.....	22
3.5 Weitere Untersuchungen auf der Versuchsfläche.....	23
3.6 Statistik.....	23
3.7 Witterungsverhältnisse.....	24
3.8 Phänologische Daten und Botrytisbefall.....	26
4 ERGEBNISSE.....	27
4.1 Boden.....	27
4.1.1 Chemische Bodenparameter.....	27
4.1.2 Humus.....	28
4.1.3 Räumliche Verteilung der chemischen Bodenparameter.....	29
4.1.4 N _{min}	30
4.1.5 Bodenwasser.....	32
4.2 Vegetative Organe.....	33
4.2.1 Vegetative Ertragsleistung.....	33
4.2.2 Holzinhaltsstoffe.....	34
4.2.3 Blatinhaltsstoffe.....	36
4.2.3.1 Stickstoff.....	36
4.2.3.2 Phosphor.....	37
4.2.3.3 Kalium.....	38
4.2.3.4 Magnesium.....	39
4.2.3.5 Weitere Mineralstoffe.....	40
4.2.3.6 Chlorophyllgehalt (N-Tester).....	42
4.2.3.7 Mykorrhizierung.....	42
4.2.3.8 Auswirkung der P/K-Bodengehalte auf Blatt-, Holz-, und Mostinhaltsstoffe.....	43
4.3 Traubenertrag, Mostgewicht und Säure.....	45
4.3.1 Traubenertrag.....	45
4.3.2 Mostgewicht.....	46
4.3.3 Gesamtsäure.....	48
4.4 Mostinhaltsstoffe.....	50

4.4.1 Mineralstoffe.....	50
4.4.1.1 Phosphor.....	50
4.4.1.2 Kalium.....	52
4.4.1.3 Magnesium.....	54
4.4.1.4 Calcium.....	56
4.4.1.5 Natrium.....	58
4.4.1.6 Spurenelemente.....	60
4.4.2 Aminosäuren und Gesamt-N.....	61
4.4.2.1 Gesamt-N.....	61
4.4.2.2 Gesamt-Aminosäuren.....	63
4.4.2.3 Arginin.....	65
4.4.2.4 Glutamin.....	67
4.4.2.5 Alanin.....	69
4.4.2.6 Prolin.....	71
4.4.2.7 Leucin/Phenylalanin.....	73
4.4.2.8 Valin.....	75
4.4.2.9 Tryptophan.....	77
4.4.2.10 Weitere Aminosäuren.....	79
4.4.2.11 Arginin-Anteil.....	82
4.4.2.12 Prolin-Anteil.....	84
4.4.2.13 Prolin/Arginin-Verhältnis.....	86
4.4.3 Tryptophan-Derivate.....	88
4.4.3.1 N-Formyl-Kynurenin.....	88
4.4.3.2 Methyltetrahydro- β -carbolin-carbonsäure.....	90
4.4.3.3 Tryptophol.....	92
4.4.3.4 Anthranilsäure.....	94
4.4.3.5 Indolmilchsäure.....	96
4.4.3.6 Freie Indolessigsäure.....	98
4.4.3.7 Gesamt-Indolessigsäure.....	100
4.5 Veränderungen während der Gärung.....	102
4.5.1 Mineralstoffe und Gesamt-N.....	102
4.5.2 Aminosäuren.....	105
4.5.2.1 Arginin.....	105
4.5.2.2 Alanin.....	107
4.5.2.3 Prolin.....	109
4.5.2.4 Tryptophan.....	111
4.5.2.5 Weitere Aminosäuren.....	112
4.5.3 Tryptophan-Derivate.....	116
4.5.3.1 Gesamt- Indolessigsäure.....	116
4.5.3.2 Weitere Tryptophan-Derivate.....	118
4.5.4 Gärkurven.....	119
4.6 Weinhaltstoffe.....	122
4.6.1 Mineralstoffe.....	122

4.6.1.1 Phosphor.....	122
4.6.1.2 Weitere Mineralstoffe.....	124
4.6.2 Aminosäuren und Gesamt-N.....	125
4.6.2.1 Gesamt-N.....	125
4.6.2.2 Gesamt-Aminosäuren.....	127
4.6.2.3 Arginin.....	129
4.6.2.4 Alanin.....	131
4.6.2.5 Prolin.....	133
4.6.2.6 Tryptophan.....	135
4.6.2.7 Weitere Aminosäuren.....	137
4.6.3 Tryptophan-Derivate.....	138
4.6.3.1 N-Formyl-Kynurenin.....	138
4.6.3.2 Methyltetrahydro- β -carbolin-carbonsäure.....	140
4.6.3.3 Tryptophol.....	142
4.6.3.4 Anthranilsäure.....	144
4.6.3.5 Indolmilchsäure.....	146
4.6.3.6 Freie Indolessigsäure.....	148
4.6.3.7 Gesamt- Indolessigsäure.....	150
4.6.4 Antioxidatives Potential.....	152
4.6.5 Aromen.....	153
4.6.5.1 Aromaprofil traubeneigener- und Gäraromen.....	153
4.6.5.2 o-Aminoacetophenon.....	156
4.6.5.3 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on.....	158
4.6.5.4 Ethyl-3-thiomethylpropionat.....	160
4.6.5.5 Weitere S-Aromen.....	162
4.7 Sensorik.....	163
4.7.1 Geruchsschwelle von o-Aminoacetophenon.....	163
4.7.2 Dreieckstest und Rangordnungstest.....	163
4.7.3 DLG-5 Punkte Schema.....	165
4.7.3.1 Geruch.....	165
4.7.3.2 Geschmack.....	166
4.7.3.3 Harmonie und Gesamtqualitätszahl.....	167
4.7.4 Quantitativ deskriptive Sensorik.....	168
4.7.4.1 Vegetativ.....	168
4.7.4.2 Blumig.....	169
4.7.4.3 Fruchtig.....	170
4.7.4.4 UTA – erste Verkostung.....	171
4.7.4.5 UTA-Nachverkostung.....	172
4.8 Zusammenhang zwischen AAP und verschiedenen Meßparametern.....	174
4.8.1 N-Düngung und N_{\min}	174
4.8.2 Ertrag, Mostgewicht und Gesamtsäure.....	176
4.8.3 Tryptophan-Derivate.....	178
4.8.4 Aminosäuren.....	180
4.8.5 Gärung.....	183
4.8.6 Antioxidatives Potential.....	184
4.8.7 Weitere Parameter.....	184
4.9 Zusammenhang zwischen UTA und verschiedenen Meßparametern.....	186
4.9.1 Zusammenhang zwischen AAP und UTA.....	186

4.9.2 Ertrag, Mostgewicht und Mostsäure.....	188
4.9.3 Arginin und Prolin.....	190
4.9.4 Antioxidatives Potential.....	191
4.9.5 S-Aromen.....	192
5 DISKUSSION.....	193
5.1 Stickstoffversorgung und Wasserhaushalt.....	193
5.2 Vegetative und generative Leistung.....	195
5.3 Inhaltsstoffe in Blatt und Holz.....	196
5.4 Mostinhaltsstoffe.....	197
5.4.1 Mostgewicht und Säure.....	197
5.4.2 Mineralstoffe.....	198
5.4.3 Aminosäuren und Gesamt-N.....	200
5.4.4 Tryptophan-Derivate.....	205
5.5 Veränderungen während der Gärung.....	207
5.5.1 Mineralstoffe.....	207
5.5.2 Aminosäuren und Gesamt-N.....	207
5.5.3 Tryptophan-Derivate.....	209
5.5.4 Gärgeschwindigkeit.....	210
5.6 Weininhaltsstoffe.....	211
5.6.1 Mineralstoffe.....	211
5.6.2 Aminosäuren und Gesamt-N.....	211
5.6.3 Tryptophan-Derivate und antioxidatives Potential.....	212
5.6.4 Aromaprofil.....	214
5.6.5 S-haltige Aromastoffe.....	215
5.6.6 o-Aminoacetophenon.....	216
5.7 Sensorik.....	224
6 SCHLUßFOLGERUNGEN.....	231
7 ZUSAMMENFASSUNG.....	234
8 LITERATUR.....	236

Abkürzungen

°Oe	Grad Oechsle
AA	Anthranilsäure
AAP	o-Aminoacetophenon
AAS	Atomabsorptionsspektrometer
Abh.	Abhängigkeit
ACL	lipidlösliche antioxidative Kapazität
ACW	wasserlösliche antioxidative Kapazität
Ala	Alanin
ANOVA	Analysis of Variance
Arg	Arginin
AS	Aminosäure
Asn	Asparagin
Asp	Asparaginsäure
bidest.	bidestilliert
BZ	Bewertungszahl
Ca	Calcium
c-ABA	c-Aminobuttersäure
CAL	Calcium-Laktat (-Extraktion)
Cit	Citrullin
CO ₂	Kohlendioxid
Cu	Kupfer
Dansyl-Cl	Dansyl-Chlorid
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
EK-Filtration	Entkeimungsfiltration
ETMP	Ethyl-3-thiomethylpropionat
Fe	Eisen
FIA	Fluß-Injektions-Analyse
FLD	Fluoreszenzdetektor
FS	Frischsubstanz
GC-MS	Gaschromatographie-Massenspektrometrie
GD	Grenzdifferenz
Gln	Glutamin
Glu	Glutaminsäure
Gly	Glycin
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IES	Indolessigsäure
IESEE	Indolessigsäure-Ethylester
Ile	iso-Leucin
IMS	Indolmilchsäure
IPS	Indolpropionsäure
K	Kalium
Leu/Phe	Leucin/Phenylalanin
Lys	Lysin
MeOH	Methanol
MG	Mostgewicht
Mg	Magnesium

Mn	Mangan
MTHCC	Methyltetrahydro- β -carbolin-carbonsäure
MTT	2-Methyltetrahydrothiophen-3-on
N	Stickstoff
Na	Natrium
NaOH	Natriumhydroxid
nFK	nutzbare Feldkapazität
NFK	N-Formyl-Kynurenin
N _{min}	Mineralstickstoff
Orn	Ornithin
P	Phosphor
PCL	Photochemolumineszenz
pF	Feldkapazität
Pro	Prolin
PWP	permanenter Welkepunkt
QbA	Qualitätswein bestimmter Anbauggebiete
S/R	Signal/Rausch-Verhältnis
Ser	Serin
SF	Standardfehler
SPE	Solid Phase Extraction
TBE	Tryptophan-Butylester
TDN	Trimethyldihydronaphtalin
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidative Capacity
Thr	Threonin
TOH	Tryptophol
Trp	Tryptophan
TS	Trockensubstanz
Tyr	Tyrosin
UTA	untypischer Alterungston
Val	Valin
Zn	Zink

1 Einleitung

Das Schreckgespenst UTA (untypischer Alterungston) geht um in Deutschland. Dabei sind nun (2006) mehr als 15 Jahre vergangen, seit dieser Fehlton erstmals als solcher beobachtet wurde – damals noch als „Naphtalinton“. Über zehn Jahre ist es her, daß von RAPP et al. (1993) o-Aminoacetophenon (AAP) als verursachende Aromakomponente identifiziert wurde. Seit mehr als fünf Jahren sind die biochemischen Reaktionen im Wein bei der Bildung von AAP entschlüsselt: Die Vorstufe Indolessigsäure (IES) wird aufgrund der Schwefelung über kurzlebige Zwischensubstanzen zu AAP oxidiert (CHRISTOPH et al. 1998). Nach empirischen Erkenntnissen wird UTA durch verschiedenste Streßzustände der Rebe verursacht (JAKOB 1993, LÖHNERTZ 1998). Pflanzenschutzmaßnahmen und kellerwirtschaftliche Behandlungsmethoden wurden als Ursache ausgeschlossen (JAKOB 1993, RAPP & VERSINI 1995, KÖHLER 2000). Dennoch wird seit einigen Jahren keine Arbeit zur weinbaulichen Ursachenforschung mehr veröffentlicht, obwohl das Problem für die deutsche Weinwirtschaft nichts von seiner Dringlichkeit verloren hat, wie die Ablehnungsquoten aufgrund von UTA im Zuge der Qualitätsweinprüfung zeigen. Bei der amtlichen Qualitätsweinprüfung in Baden 2004 stand der UTA mit 37% aller Ablehnungen an erster Stelle der Beanstandungen (KREBS & BÄRMANN 2005). Der direkte finanzielle Schaden für die Winzer und Kellereien ist sehr hoch; ein mit deutlichem UTA behafteter Wein ist im Prinzip nicht verkehrsfähig. Hinzu kommt der schwer zu beziffernde Imageschaden durch verkauften Wein, der einen deutlichen UTA entwickelt. Eine Beseitigung dieses Weinfehlers ist nicht möglich (KÖHLER 2000). Der Zusatz von Ascorbinsäure, als einzige bisher bekannte kellerwirtschaftliche Methode, kann den UTA zwar oft verzögern und vermindern, aber mitnichten sicher vermeiden (GEßNER et al. 1999a). Es bleibt damit die drängende Frage, wie UTA durch weinbauliche Maßnahmen vermieden werden kann. Wenn Stress der Reben im allgemeinen für UTA verantwortlich ist, so stellt sich die Frage, welche Stressoren welchen Beitrag leisten. Eine niederschlagsarme Witterung übt einen negativen Einfluß aus (SCHWAB et al. 1996, SPONHOLZ et al. 1997), ein Wassermangel führt aber immer auch zu einem Nährstoffmangel, da das Transportmedium fehlt. Zudem kann man aufgrund vermehrt eingeführter Begrünung der Rebanlagen sowie reduzierter N-Düngungsempfehlungen ab den 80er Jahren von einer stark verminderten Stickstoffversorgung der Reben ausgehen. Neben Wassermangel wurde somit Stickstoff-Mangelstress schon früh ins Spiel gebracht, entsprechend den negativen Korrelationen zwischen N im Most und UTA im Wein (GEßNER et al. 1995).

Diese Arbeit soll klären, inwiefern die Stickstoffversorgung der Rebe in den verschiedenen Jahren für die Ausbildung des UTA verantwortlich ist, bzw. ob durch die N-Düngung dieser Fehlton vermieden werden kann, eventuell durch Beeinflussung der Vorstufen von AAP. Außerdem soll überprüft werden, inwieweit die Precursor bzw. andere Stoffe als Indikatoren für die UTA-Gefährdung der Weine geeignet sind.

2 Literaturübersicht

2.1 UTA – erstes Auftreten, sensorische Eigenschaft, ökonomische Bedeutung

Anfang der 90er Jahre wurde erstmals über den untypischen Alterungston (UTA) veröffentlicht (POHL 1992, JAKOB 1993, RAPP & VERSINI 1993, WOHLFAHRT 1993). Seit dem Jahrgang 1988 wurde immer häufiger eine negative Aromaveränderung in Weißweinen festgestellt, die man nicht kannte (CHRISTOPH et al. 1995). Zu dieser Zeit wurde sie noch als Naphtalinton, Hybridton oder auch als mediterrane Note bezeichnet. Bei einem Treffen einer Expertengruppe in Neustadt an der Weinstraße 1991 wurde der Begriff „untypische Alterungsnote“ festgeschrieben (POHL 1992). Die **sensorische Ausprägung** wurde sehr unterschiedlich beschrieben: Naphtalinton; Mottenkugeln; alter, dumpfer Schrank; Bohnerwachs; Hybridton; Foxton; Seifenton; Waschpulver; Kernseife; Sudhausschwaden; Stallton; Jahrgangston; Blütenaroma (Akazienblüte, Kirschlorbeer, Orangen, Lavendel); schmutzige (Junggesellen)-Wäsche; nasse, unsaubere Tücher; nasses Hundefell; Urinstein. Gleichzeitig wurden solche Weine als wenig fruchtig, bitter, gerbig und wasserhell beschrieben. (RAPP et al. 1993, CHRISTOPH et al. 1995, BADER 2000, KETTERN 2000, RAPP et al. 2002). FISCHER & SPONHOLZ (2000) bemerken in diesem Zusammenhang, daß der UTA in der deskriptiven Sensorik nicht als undefinierte Kenngröße behandelt werden darf. Vielmehr besteht die Notwendigkeit, den Aromaeindruck differenziert in den Komponenten Akazienblüte, Lavendel, Antikwachs, nasser Lappen, Mottenkugel zu erfassen.

Beim UTA handelt es sich – trotz des Namens – nicht im eigentlichen Sinn um einen Alterungston; der Fehler entsteht sehr früh, z.T. direkt nach der Gärung. Er wird aber oft erst nach einiger Lagerzeit bemerkt, da das stark hervortretende Gärbukett junger Weine den UTA maskiert (JAKOB 1993, RAPP 1995).

Zu Beginn wurde dieser Weinfehler hauptsächlich in südlichen **Weinbauregionen** von Deutschland (Franken, Baden) festgestellt. Wie die Ablehnungsgründe bei der Qualitätsweinprüfung zeigten, war dieser Fehler damals auch schon in anderen Regionen wie z.B. der Pfalz vorhanden, wurde aber nicht als solcher erkannt und so als Muffton beschrieben. Als besonders empfindlich wurden in der Pfalz der Müller-Thurgau, der Kerner und der Riesling bezeichnet (RAPP et al. 1993), in Baden der Gutedel (WOHLFAHRT 1993) und in Rheinhessen der Silvaner (JAKOB 1993). Es wurde aber bald deutlich, daß der UTA bei sämtlichen Weißweinsorten auftritt, nicht jedoch bei Rotweinen (HÜHN et al. 1999a). Das Phänomen UTA blieb nicht auf Deutschland beschränkt. Bei Weinen aus verschiedenen europäischen Weinbauregionen, insbesondere aus Italien und Frankreich, wurden hohe AAP-Konzentrationen gefunden (RAPP & VERSINI 1995), in Weißweinen aus südlichen Ländern wurden UTA-Fehlnoten festgestellt (GEßNER et al. 1998). Auch in der Schweiz (HÜHN et al. 1999a), Österreich (REDL 1999) und Italien (TRATTER 1999) wurden Versuche zum UTA durchgeführt. Dennoch scheint dieser Fehlton in anderen Ländern nicht so problematisch zu sein, wie sich aus der geringen Anzahl an Veröffentlichungen schließen läßt. In außereuropäischen Ländern wurden bisher keine UTA-Versuche durchgeführt. Nach WINTER (2003) ist der Fehlton in Australien nicht von Bedeutung, aufgrund zunehmender Wasserknappheit für Bewässerungsmaßnahmen nimmt die UTA-Gefährdung aber zu. Nach KETTERN (2000)

tritt UTA außerhalb Deutschlands schon länger auf. Im Ausland werden UTA-belastete Weine aber seltener beanstandet oder gar abgelehnt.

Bis heute (2005) ist dieser Fehlton in Deutschland von großer **wirtschaftlicher Bedeutung**, wie man an den Ablehnungsgründen bei den amtlichen Qualitätsweinprüfungen erkennen kann. In Baden wurden erstmals 1991 bei Prüfungen Weine mit der Begründung „UTA“ als Qualitätsweine abgelehnt. Die beurteilten Weine stammten zu 80% aus dem Jahrgang 1990, und zu 20% von 1989. Damals war 1% der sensorisch beanstandeten Weine von UTA betroffen, 30% wurden aufgrund von Mufftönen abgelehnt (FIERNHAUSER 1992). Man kann davon ausgehen, daß sich darunter ein Großteil UTA-Weine befanden. Im folgenden stieg die Nennung von UTA auf 30% der Beanstandungen (FIERNHAUSER & KREBS 1996). 2004 stand der Ablehnungsgrund UTA in Baden mit 37% immer noch an erster Stelle, gleichzeitig weisen diese UTA-Weine zur Hälfte einen Böckser auf (KREBS & BÄRMANN 2005). NEUBERT & KÖHLER (2004) stellen die Entwicklung der Ablehnungsquoten bei der Qualitätsweinprüfung in Franken in den Jahren von 1989 bis 2001 zusammen. Demnach war bis 1993 der UTA zu 25% der Ablehnungsgrund. Nach einigen Jahren mit geringeren UTA-Belastungen stieg diese Ablehnungsquote auf über 35% im Prüfungsjahr 1999. Besonders der Jahrgang 1999 war enorm mit UTA belastet. 77% der in Franken abgelehnten Weißweine dieses Jahrgangs wiesen UTA auf (NEUBERT & KÖHLER 2001). Die Zahl der UTA-behafteten Weine dürfte noch höher gewesen sein als sich direkt aus der Qualitätsweinprüfung schließen läßt. Zum einen konnten die früh gefüllten Weine bis zum Zeitpunkt der Prüfung u.U. noch kein AAP bilden, zum anderen sind viele belastete Weine vermutlich nicht zur Prüfung angestellt worden. Außerdem sind in dieser Aufstellung die Tafelweine unberücksichtigt, für die es keine Zahlen hinsichtlich der Häufigkeit des UTA gibt. Die Zugabe von Ascorbinsäure vor oder kurz nach der Schwefelung kann die Bildung von AAP mindern und verzögern (GEßNER et al. 1998). NEUBERT & KÖHLER (2004) zufolge wurde durch den Einsatz von Ascorbinsäure die Ablehnungsquote um 50% reduziert. Doch auch nach der Propagierung des kellerwirtschaftlichen Ascorbinsäurezusatzes seit 1998 bleibt der UTA das wichtigste önologische Problem Deutschlands.

2.2 Verursachende Aromakomponenten, Bildungsweg, Vorstufen, Matrixeffekt

Als **hauptverursachende Aromakomponente** des UTA wurde mittels GC-MS-Schnüffeldetektor ortho-Aminoacetophenon (AAP) identifiziert (RAPP & VERSINI 1993). AAP ist neben Anthranilsäuremethylester für den Fox- und Hybridton von Amerikanerreben verantwortlich (ACREE et al. 1990, NELSON et al. 1977). Als verursachende Komponente des Fehleromas von Milchprodukten und Bier ist es schon lange bekannt (PARKS et al. 1964, PALAMAND & GRIGSBY 1974, RAPP et al. 1998). AAP wird großtechnisch hergestellt und findet als Parfümstoff u.a. in Seifen und Waschpulver Verwendung (HOENICKE 2002). Dies erklärt auch die frühe sensorische Beschreibung von UTA als „Seifenton“ oder ähnliches. Der sensorische Eindruck von AAP erinnert an Blütenduft wie Akazienblüten oder Kirschlorbeer. Nach RAPP (1995) liegt die **Geruchsschwelle** je nach Art (Matrix) des Weines bei 0,7-1 µg/L. Ab 1-1,2 µg AAP/L weisen die Weine eine deutlich unangenehme Aromanote auf, was zur Ablehnung im Rahmen der Qualitätsweinprüfung führt (RAPP 1995, RAPP & VERSINI 1995). Entsprechend sensorischen Prüfungen von CHRISTOPH et al. (1995) liegt der Schwellenwert von AAP in Wasser bei 0,2 µg/L. In einem neutralen Kabinettwein führte schon eine Dotierung von 0,3 µg/L zu erkennbaren Veränderungen. Die Geruchsschwelle in Weißwein liegt im allgemeinen bei 0,5-1,5 µg/L, im Rotwein haben erst Dotierungen von 1,5 µg/L zu erkennbaren sensorischen Veränderungen geführt. Geringe Konzentrationen werden dabei oftmals als positiv bewertet. In Traminerweinen war dies sogar bei Zugabe von 1 µg/L noch der Fall. Bei Dotierungen bis zu 4 µg AAP/L konnte eine hoch signifikante Korrelation zwischen dotiertem AAP zu Weißwein ($r^2 = 0,67$) bzw. Rotwein ($r^2 = 0,88$) und der sensorischen UTA-Note festgestellt werden (CHRISTOPH et al. 1995). In *Vitis vinifera*-**Trauben** liegen nur geringe Konzentrationen an AAP von unterhalb 0,2 µg/L vor (HOENICKE 2002), die Geruchsschwelle wird bei diesen europäischen Sorten nicht erreicht. In „Amerikaner-Trauben“ liegt die Konzentration dagegen z.T. deutlich über der Geruchsschwelle. ACREE et al. (1990) fanden 0,13-0,28 µg AAP/L bei den *Vitis labruscana*-Sorten Delaware, Concord, Niagara und Catawba. SHURE & ACREE (1994) fanden bei der Sorte Concord eine deutliche Einlagerung von AAP in die Trauben ab Reifebeginn. Die Endkonzentrationen lagen bei 0,08 ng/g, was bei einer 80%igen Preßausbeute 0,06 µg/L Most entspricht. BAEK & CADWALLADER (1999) fanden in Muscadin-Traubensaft 10-20 µg/L AAP (und nochmals 10-40 µg/L gebundenes AAP).

Im **Wein** ist AAP mit Konzentrationen über 0,02 µg/L nach RAPP (1996) immer enthalten, unabhängig von Rebsorte, Weinanbaugebiet und Jahrgang. Die **Bildung** von AAP kann mikrobiell durch Hefen während der Gärung erfolgen (RAPP et al. 1995, CIOLFI et al. 1995, GEBNER et al. 1996, DOLLMANN et al. 1996, SPONHOLZ et al. 1997). In Modellösungen wird dabei aus Trp von Reinzuchthefen (*Saccharomyces cerevisiae*) AAP gebildet (RAPP et al. 1995, CIOLFI et al. 1995), die entstehenden Konzentrationen sind allerdings zu gering für die Ausbildung eines UTA, so daß direkt gefolgert wurde, daß die Hefegärung keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle für die direkte AAP-Bildung spielt (RAPP et al. 1995, RAPP & VERSINI 1995). Ein Einfluß des Hefestamms auf die Bildung von AAP ist mehrfach festgestellt worden; durch die Auswahl der Hefe läßt sich UTA aber nicht verhindern (SPONHOLZ et al. 1997, HÜHN et al. 1998, HEYDEN 2003, HÜTHER 2005). Weitere Gärversuche schließen Trp als wichtigen **Precursor** für AAP aus, bei Zugabe von Indolelessigsäure (IES), Anthranilsäure

(AA) und Kynurenin (Kyn) werden dagegen größere Mengen AAP während der Gärung gebildet (GEßNER et al. 1996, DOLLMANN et al. 1996). Neben der mikrobiellen Bildung sind auch die enzymatische Bildung sowie die Umsetzung von IES durch Photooxidation, UV-Strahlung und Wärme möglich (CHRISTOPH et al. 1996, DOLLMANN et al. 1996). Diese Vorgänge führen allerdings nicht zu sensorisch relevanten AAP-Konzentrationen im Wein. Wie CHRISTOPH et al. (1998) zeigen konnten, erfolgt stattdessen der Hauptteil der AAP-Bildung durch die gekoppelte Oxidation von IES aufgrund der **Schwefelung** der Jungweine (ebenfalls veröffentlicht in: GEßNER et al. 1998, HOENICKE 2002). Entsprechend den Ergebnissen dieses Versuchs wurde in Modellwein IES nach der Schwefelung und Warmlagerung zu 22 mol% zu AAP umgesetzt. Indolmilchsäure (IMS) wurde dagegen nur zu 1 mol%, IES-Ethylester (IESEE) zu 0,1 und Trp zu 0,002 mol% zu AAP umgesetzt. Aus Kynurenin wird auf dem oxidativem Weg kein AAP gebildet. Die Umsetzung von IES zu AAP in Wein lag dagegen unter vergleichbaren Bedingungen lediglich bei 4 mol%. Unterläßt man die Schwefelung, so wird selbst bei Zugabe von hohen Mengen IES und Warmlagerung kaum AAP gebildet, dennoch bringt eine späte Schwefelung keine Vorteile, geschweige denn eine unterlassene Schwefelung (CHRISTOPH et al. 1998, GEßNER et al. 1998). Die AAP-Bildung wird durch höhere **Temperaturen** beschleunigt, Temperaturen unter 10°C vermindern die Umsetzung stark, verhindern die Bildung von AAP aber nicht völlig (HOENICKE 2002). **Antioxidantien** sind in der Lage, die durch die Schwefelung entstehenden Radikale abzufangen, und mindern so die AAP-Bildung (CHRISTOPH et al. 1998). Die natürlicherweise in Wein vorkommenden Phenole haben eine antioxidative Wirkung (VIVAS et al. 1997). Aus diesem Grund konnten in Wein wesentlich niedrigere Umsetzungsraten beobachtet werden im Vergleich zur Modelllösung. Damit können auch die generell niedrigeren AAP-Konzentrationen in Rotwein, Presswein oder Maischegärung von weißen Sorten erklärt werden (KÖHLER et al. 1996, SPONHOLZ et al. 1997, SCHWAB et al. 1999, BACH 2005). Die geringe UTA-Neigung von Burgundersorten könnte nach BACH (2005) an den niedrigen Konzentrationen von Shikimisäure liegen, die eine Vorstufe von IES darstellen könnte. Der UTA erscheint im Jungwein oft schon wenige Monate nach der Gärung, und die Intensität nimmt im Laufe der **Lagerung** zu (RAPP 1995, CHRISTOPH et al. 1998). Dies wird oft damit begründet, daß die fruchtigen Jungweinaromen abnehmen und die Maskierung von AAP abnimmt (JAKOB 1993, RAPP 1995). Gleichzeitig nimmt aber die AAP-Bildung auch nach Jahren der Lagerung noch kontinuierlich zu (RAPP et al. 1998).

Es ist unbestritten, daß AAP die Hauptkomponente des Fehlromas UTA darstellt (CHRISTOPH et al. 1996, MÜLLER 2000, RAPP et al. 2002). Es wird aber genauso immer wieder bemerkt, daß AAP wahrscheinlich nicht die einzige Ursache des UTA ist, da immer wieder Weine mit UTA angesprochen werden, obwohl keine sensorisch relevanten AAP-Konzentrationen nachweisbar sind (CHRISTOPH et al. 1995, SEITER 2000, SPONHOLZ et al. 2001, HOENICKE 2002). Außerdem erinnert der Geruch von AAP an Blüten (Akazien, Kirschlorbeer), während oft UTA-Attribute wie Naphtalinton oder Mottenkugel genannt werden, weshalb ebenfalls **weitere verursachende Fehl aromen** vermutet werden (FISCHER & SPONHOLZ 2000, SEITER 2000, RAUHUT & KÜRBEL 2002). Bei Verkostungen mit verschiedenen Attributen fanden FISCHER & SPONHOLZ (2000) eine starke Korrelation zwischen UTA-Intensität und den Attributen Mottenkugeln, Antikwachs, Fuselalkohol und nasser Lappen. Die Attribute Akazienblüte und Lavendel korrelierten dagegen nicht mit der UTA-Intensität. Die

Autoren folgern eine untergeordnete Bedeutung der durch AAP hervorgerufenen Ausprägung nach Akazienblüte. Der umgekehrte Fall, daß relativ hohe AAP-Konzentrationen nicht zu UTA-belasteten Weinen führen, kann nach KÖHLER et al. (1995) mit einem Matrixeffekt durch positive Weinaromen erklärt werden. Es werden in der Literatur mehrere Vorschläge für weitere UTA-verursachende Substanzen gemacht. CHRISTOPH et al. (1995) schließen allerdings recht früh schon Trimethyl-dihydronaphtalin (TDN), Vitispiran, Anthranilsäureethylester, Anthranilsäuremethylester und Indol aus. Die gefundenen Konzentrationen in UTA-belastetem Wein liegen weit unter der Geruchsschwelle. So liegt die Geruchsschwelle der letzten Komponenten bei 100 µg/L; gefunden wurden aber lediglich 5 µg/L Anthranilsäureethylester und 15 µg/L Indol (CHRISTOPH et al. 1995) bzw. bis zu 1 µg Indol/L (GEBNER et al. 1996). Die Dotierung von Skatol, Indol, Guajakol und Anthranilsäureester zu Weißweinen führt nach GEBNER et al. (1999) nicht zu einem typischen UTA-Eindruck. Als weitere Aminophenon-Verbindungen wurden von CIOLFI et al. (1995) 2-Aminopropiophenon, 3-O-Aminophenylpropen-3-on gefunden, die ebenfalls zum sensorischen UTA-Eindruck beitragen sollen. Des weiteren wird Skatol eine additive Wirkung auf den UTA-Eindruck zugesprochen (HÜHN et al. 1999, SPONHOLZ et al. 2001). In Weinen wurden Skatol-Konzentrationen bis 120 ng/L (HÜHN et al. 2002) festgestellt. Nach RAUHUT & KÜRBEL (2002) könnte das gleichzeitige Auftreten von UTA und flüchtigen S-Komponenten eine Erklärung für die unterschiedlichen sensorischen Ausprägungen sein. Sie finden Methionalkonzentrationen über dem Geruchsschwellenwert (bis zu 150 µg/L) bei Weinen mit hohen AAP-Werten.

Da von der AAP-Konzentration nicht direkt auf die sensorische UTA-Note geschlossen werden kann, und die Analytik zur Bestimmung von AAP aufwendig ist, ist nach GEBNER et al. (1995) bei größeren Versuchsserien der Sensorik der Vorzug zu geben. Die Bestimmung von AAP dient nur zur Absicherung in Zweifelsfällen. RAPP et al. (1998) argumentieren dagegen, daß für sichere Aussagen die UTA- Sensorik aufgrund von Matrixeffekten und der Unsicherheit sowie hohen Streuung durch die Prüfer nicht geeignet ist. Aus diesen Gründen ist eine sichere AAP-Analytik unabdingbar. Nach RAPP (2002) sowie RAUHUT & KÜRBEL (2002) ist in UTA-Weinen immer AAP in sensorisch relevanten Konzentrationen zu finden.

2.3 Kellerwirtschaftliche Behandlungsmethoden

Schon bald nach den ersten Berichten über UTA war klar, daß die Ursache weder in der Kellerwirtschaft liegt, noch daß der Fehlton durch kellerwirtschaftliche Methoden beseitigt werden kann (JAKOB 1993, POHL 1994). Eine Extrembehandlung von UTA-belasteten Weinen mit **Aktivkohle** kann zwar das AAP-Niveau deutlich unter die sensorische Schwelle bringen, im Laufe der Lagerung nimmt in diesen Weinen aber die AAP-Konzentration wieder zu (RAPP et al. 1998). Auch KÖHLER et al. (1996) erzielten mit Aktivkohlebehandlung und Rückverschnitt mit fehlerfreiem, stoffigem Wein (Anteil 15:85) sehr gute Ergebnisse. Für die Praxis wird allerdings eine starke Kohleschönung nicht empfohlen (KÖHLER 2000). Die Aktivkohle entfernt positive Weinaromen und führt aufgrund der Demaskierung in der Folge zu einer Intensivierung von UTA (KETTERN 2000). Es blieb die Vermeidung bzw. die Verminderung des UTA vor dessen Entstehung.

Die **Leseart** (Handlese, Maschinenlese) sowie **Maischestandzeiten** bis zu einem Tag ergaben keine unterschiedlichen AAP-Konzentrationen in Riesling, Spätburgunder und Silvaner-Weinen des Jahrgangs 1991 (RAPP & VERSINI 1995). Einen positiven Einfluß der Maischestandzeit stellte dagegen BACH (2005) fest: Durch die 12 Std. Standzeit wurden vermehrt Phenole, N und K extrahiert. Allerdings wurde die direkt abgepresste Variante mit einer anspruchsvolleren Hefe vergoren als die Variante mit Maischestandzeit. Nach einem Versuch mit 1992er und 1993er Müller-Thurgau aus Baden war die Mostbehandlung mit **Mostgelatine** und nachgeschalteter **Hochkurzweitzerhitzung** am positivsten, lange Maischestandzeiten (12 Std.) ergaben im Vergleich eine starke UTA-Note (WOHLFAHRT 1993, WOHLFAHRT 1994). Auch KÖHLER et al. (1996) stellten einen positiven Einfluß der Mosterhitzung fest, konnten jedoch damit nicht generell UTA-freie Weine erzeugen. Andere Versuche ergaben dagegen, daß Schönungsmittel, Klär- und Filtrationshilfen keine entscheidende Verbesserung brachten. Das gleiche gilt für die Zugabe von **Hefenährsalz**, das ebenfalls nur in manchen Fällen zu niedrigerem UTA führte (BADER 1996). **Niedrige Gärtemperaturen** waren in der Lage die UTA-Intensität zu senken; unbelastete Weine konnten damit in Problemjahren nicht erzeugt werden (KÖHLER et al. 1996). Der positive Effekt dieser bisher aufgeführten kellerwirtschaftlichen Methoden liegt aber nicht in der Minderung der AAP-Bildung, wie Stichproben bewiesen, sondern beruht auf dem Maskierungseffekt durch andere Aromen (KÖHLER et al. 1996).

Ein Einfluß der **Hefe** wurde mehrfach festgestellt. Beim Vergleich verschiedener Reinzuchthefen-Stämme wurden von SPONHOLZ et al. (1997) im Wein kein AAP, bei wilden Hefen lediglich AAP-Konzentrationen bis 0,02 µg/L gefunden. Ein anderer Vergleich von *Saccharomyces cerevisiae* mit den wilden Hefen *Kloeckera apiculata* und *Metschnikowia pulcherima* in Mostmedium mit IES-Zugabe ergab dagegen höhere AAP-Konzentrationen bei *Saccharomyces cerevisiae* (HÜHN et al. 1998). Bei einem Versuch mit zwei Reinzuchthefen und unterschiedlichen Mosten fand HEYDEN (2003) bei einer Hefe in allen Varianten um 0,2 µg AAP/L höhere Konzentrationen als in einem weiteren Hefestamm. Auch HÜTHER (2005) stellte fest, daß bei verschiedenen Hefen und verschiedenen Gärhilfsstoffen und Antioxidantien unterschiedlich viel AAP gebildet wird. Entsprechend den Erkenntnissen, daß die Hefen nur vernachlässigbar zur AAP-Bildung beitragen, kann dieser Effekt auch darauf beruhen, daß die Hefen die Vorstufen (IES) und

die hemmenden Stoffe (Antioxidantien) der Umsetzung zu AAP beeinflussen. SHEFFORD (2001) stellte einen Einfluß der Hefe auf das antioxidative Potential im Wein fest. Nach KÖHLER et al. (1996) läßt sich durch die Auswahl der Hefe die Intensität des UTA beeinflussen, das Auftreten des UTA kann aber nicht verhindert werden.

Dagegen konnten durch eine „**starke Pressung**“ Weine gewonnen werden, die geringere AAP-Konzentrationen aufwiesen und keinen UTA entwickelten. Diese Weine waren allerdings sensorisch so stark verändert, daß sie ebenfalls nicht verkehrsfähig waren (KÖHLER et al. 1996). Von CHRISTOPH et al. (1998) wurde festgestellt, daß der chemische Bildungsweg von AAP über eine Kooxidation von Sulfit und IES erfolgt, und daß diese Oxidation durch Antioxidantien vermindert wird. Dies erklärt die geringeren AAP-Konzentrationen im Presswein. Die höheren Konzentrationen an Polyphenolen übten eine antioxidative Wirkung aus (VIVAS et al. 1997). Man kann schließen, daß die geringe UTA-Anfälligkeit von Rotweinen ebenfalls auf dem antioxidativen Effekt beruht, da Rotweine im Vergleich zu Weißweinen eine wesentlich höhere Phenolkonzentration aufweisen.

In der Folge wurde vermehrt mit **Antioxidantien** experimentiert. GEßNER et al. (1998) erhöhten mit verschiedenen Methoden die Phenolkonzentration im Wein: Zugabe von Kaffeesäure, Maischegärung, Vergärung mit gemahlene Traubenkernen. Dadurch wurden im Wein niedrigere AAP-Konzentrationen gebildet, diese Methoden waren aber aufgrund der sensorischen Veränderung nicht praxisrelevant. Die einzige kellerwirtschaftlich empfohlene Methode ist die Zugabe von Ascorbinsäure vor oder kurz nach der Schwefelung, was ebenfalls zu sehr starker Verminderung der AAP-Bildung führt (GEßNER et al. 1998, 1999, 2000). Die gute Wirksamkeit von Ascorbinsäure wird von verschiedenen Arbeiten bestätigt (SHEFFORD 2001, ROLL 2003, BACH 2005, HÜTHER 2005). Der Einsatz von Phenolen scheint dagegen weniger gut geeignet. ROHRBACH (2001, zit. GRÜNWALD (2003) konnte eine leichte Verminderung der AAP-Bildung durch Zugabe von Phenolen zum Wein feststellen. GRÜNWALD (2003) dagegen fand (auch aufgrund allgemein zu niedriger AAP-Werte) kein deutliches Ergebnis. Auch ROLL (2003) konnte beim Vergleich von Ascorbinsäure mit Tanninen und Glutathion als Antioxidantien lediglich bei Ascorbinsäure niedrigere AAP-Konzentrationen feststellen. Allerdings wurde das antioxidative Potential durch die Tannin-Zugabe nicht erhöht. Die Verwendung von Glutathion führte zu deutlichem Bockser. GEßNER & KÖHLER (2002) empfehlen die Anwendung des „UTAFIX“-Tests, bei dem nach Zugabe von Radikalfängern und Warmlagerung der UTA-Wert der Weine sensorisch erfaßt wird und mit einem AAP-Standard verglichen werden kann. Bei einem positiven Test wird die Zugabe von 150 mg/L Ascorbinsäure vor bzw. kurz nach der Schwefelung empfohlen. Eine Auswertung von Qualitätsweinprüfungen in Franken ergab, daß die Ascorbinsäurezugabe die Häufigkeit von UTA um 50% gesenkt hatte (NEUBERT & KÖHLER 2001, 2004).

2.4 Weinbauliche Ursachenforschung

Schon sehr früh nach dem Aufkommen des UTA wurden weinbauliche Ursachen als Auslöser erkannt. In der ersten Veröffentlichung zum UTA wurden Trockenheit und hohe Erträge als auslösende Faktoren genannt (POHL 1992). Auch nach JAKOB (1993) ist die Ursache nicht kellerwirtschaftlicher Natur, sondern eine Folge von Mangel- oder Stressreaktionen der Rebe aufgrund früher Lese, zu hoher Erträge und Minderung der Düngung. Der Einfluß von **Pflanzenschutzmitteln** ist ebenfalls diskutiert worden, wurde jedoch schnell widerlegt (POHL 1992, CHRISTOPH et al. 1995, RAPP & VERSINI 1995, SCHWAB et al. 1996).

Weine mit überdurchschnittlich hohen AAP-Konzentrationen und entsprechend starker UTA-Belastung stammen nach RAPP & VERSINI (2000) in den überwiegenden Fällen aus trockengestresstem Lesegut. Der empirische Befund, daß die **trockene Witterung** in besonderem Maße UTA erzeugt, kann durch Wetterdaten belegt werden. Die starken UTA-Jahrgänge 1983, 1989, 1991 und 1993 weisen nach SCHWAB et al. (1996) die stärkste negative Wasserbilanz (als Differenz von Niederschlagsmenge und Evapotranspiration) auf. Die Ausprägung des UTA hängt demnach mit einer anhaltenden Trockenheit in den Nachblütemonaten Juni-August zusammen. Nach SCHWAB et al. (1996) wird die UTA-Note verstärkt, wenn der Bodenwassergehalt über einen längeren Zeitraum 30% nFK unterschreitet. SPONHOLZ et al. (1997) können zeigen, daß der Bodenfeuchtegehalt in dem Zeitraum nach Reifebeginn entscheidend für die Ausbildung eines UTA-Jahres ist.

Es wurde ein starkes **jahrgangsabhängiges** Auftreten des UTA beobachtet. Vor allem „**kleine Weine**“ mit frühen Leseterminen, hohen Erträgen und trockengestressten Standorten waren mit UTA behaftet (KÖHLER et al. 1995, SCHWAB et al. 1996, GEßNER et al. 1999). Doch selbst prämierte Weine entwickelten starke UTA-Noten (AMANN et al. 2002). Nach ersten weinbaulichen Versuchen erwies sich insbesondere die Frühlese als UTA-fördernd (WOHLFAHRT 1993, 1994).

GEßNER et al. (1995) untersuchten die **statistischen Zusammenhänge** zwischen Weininhaltsstoffen und der UTA-Intensität. Dazu wurden bei 62 Weinen die Inhaltsstoffe im Wein (Alkohol, Restextrakt, zuckerfreier Extrakt, N, Polyphenole) bzw. Most (Mostgewicht) mit dem UTA-Wert aus der Sensorik verglichen. Es handelte sich dabei um sechs verschiedene Sorten aus sieben Jahrgängen, wobei die Sorten in den einzelnen Jahren unterschiedlich verteilt waren. Die (nicht-linearen) Korrelationen zwischen UTA und den angegebenen Inhaltsstoffen waren immer signifikant negativ mit $r^2 = 0,21-0,48$. Die Aussagekraft von N im Most als Qualitätsparameter diskutiert AMANN et al. (2001b, 2002). Demnach führen geringe N-Konzentrationen im Most sicher zu UTA, während man aber umgekehrt von hohen N-Konzentrationen nicht auf UTA-freie Weine schließen kann.

Ende der 90er Jahre wurden zwei umfangreichere weinbauliche Versuche zum Themengebiet UTA durchgeführt und veröffentlicht. Bei diesen Versuchen wurde neben der sensorischen UTA-Note auch der AAP-Konzentrationen der Weine analytisch erfaßt. In Baden wurde in einem dreijährigen Versuch (1997-1999) bei Silvaner (trockener Standort) und Müller-Thurgau (feuchter Standort) der Einfluß von Bodenbearbeitung sowie N-Düngung untersucht (RIEDEL & SEITER 1998, SEITER & RIEDEL 1998, SEITER 2000, SPONHOLZ et al. 2001, SEITER et al. 2002). Mit der Sorte Kerner wurden in Franken in den Jahren 1996-1999 folgende Varianten geprüft: Anschnitt (10 bzw. 20 Augen/Stock), Lesezeitpunkt (Vollreife, 2 Wochen frühere Lese), Entblätterung (Blattflächenreduzierung um 50%, ohne Entblätterung) und Bodenbewirtschaftung (offen, begrünt). Ergebnisse aus diesem Versuch wurden mehrfach veröffentlicht (SCHWAB et al. 1999, SCHWAB 2001, SCHWAB & PETERNEL 2001, HOENNICKE et al. 2001, HOENNICKE 2002, HOENNICKE et al. 2002). Des Weiteren sind AAP-Bestimmungen bei Versuchen zu UV-Stress (HÜHN et al. 1999, SPONHOLZ et al. 2001, HÜHN et al. 2002), zu Bodenpflegesystemen (SCHORR 2003), sowie aus diversen kleineren Versuchen zu unterschiedlichen Fragestellungen veröffentlicht (RAPP et al. 1995, 1998, 2002, KÖHLER 1995, LÖHNERTZ et al. 2002). Aufgrund der aufwendigen AAP-Analytik überwiegen Versuchsergebnisse mit der Beschränkung auf die sensorische Bestimmung der UTA-Note.

Am deutlichsten ist der negative Einfluß der **frühen Lese** festzustellen (WOHLFAHRT 1993, 1994, 1995, MILTENBERGER et al. 1993, KÖHLER et al. 1995, SCHWAB et al. 1996, 1999). Die frühere Lese kann sich in einem erhöhten AAP-Konzentration im Wein auswirken (KÖHLER et al. 1995), aber auch bei gleicher AAP-Konzentration werden die Weine aus der späteren Lese sensorisch mit geringeren UTA-Noten bewertet, da sie in der Regel mehr Körper aufweisen (KÖHLER et al. 1995, SCHWAB et al. 1999). Die Konzentration an IES in Trauben nimmt während der Reife ab (DUERING 1977). Es wurde vermutet, daß die zu hohe Konzentration an IES bei früh gelesenen Trauben die Ursache für erhöhte AAP-Konzentrationen im Wein darstellt.

Die **N-Düngung** führt i.d.R. zu einem etwas geringeren UTA (SCHWAB et al. 1996, PETERNEL 1998, SEITER 2000). SCHWAB et al. (1996) fanden bei der Sorte Müller-Thurgau 1991 eine geringe Verbesserung bei 120 statt 30 oder 60 kg N/ha. In einer anderen Versuchsanlage, ebenfalls bei der Sorte Müller-Thurgau, wurden 1992 in der ungedüngten Variante ebenfalls stärkere UTA-Noten im Vergleich zu 50 bzw. 100 kg N/ha gefunden. 1993 dagegen wurden die höchsten UTA-Werte in der 50 kg N/ha festgestellt. Beim Jahrgang 1994 wurde kein UTA festgestellt, allerdings war hier die Zeit bis zur Verkostung womöglich zu kurz für die UTA-Entwicklung. Die Erhöhung der Düngung von 50 auf 100 kg N/ha brachte nur selten eine Verbesserung (PETERNEL 1998). SEITER (2000) stellte einen wesentlich deutlicheren positiven Effekt der N-Düngung fest. Nach MÜLLER (1999) wurden bei einem 15-jährigen N-Düngungsversuch mit 0, 40 bzw. 80 kg N/ha weder bei der Sorte Riesling noch bei Kerner unterschiedliche UTA-Werte festgestellt. Diese Weine waren jedoch nur im Einzelfall sensorisch verschieden, ohne daß es Präferenzen für die Düngevarianten gegeben hätte.

Neben der N-Düngung wird auch durch eine unterschiedliche **Bodenbewirtschaftung und Begrünung** die Stickstoffversorgung der Rebe beeinflusst. Beim Vergleich von offen gehaltenen Rebflächen mit Dauerbegrünung wurde immer wieder festgestellt, daß die Weine aus begrünten Varianten stärker mit UTA behaftet sind (WOHLFAHRT 1994, 1995, SCHWAB et al. 1996, SCHWAB 1998, SEITER 2000, LÖHNERTZ et al. 2002). Dagegen wurde bei dem Kerner-UTA-Versuch in Franken kein Einfluß der Begrünung auf UTA und AAP im Wein festgestellt (SCHWAB et al. 1999, SCHWAB & PETERNEL 2001). Im trockenen Jahr 1991 fanden RAPP et al. (1998) bei der Sorte Silvaner aus Franken höhere AAP-Werte in der dauerbegrünten Variante, bei Weißem Burgunder aus Baden wurden keine Unterschiede aufgrund der Bodenbearbeitung festgestellt. Nach LÖHNERTZ et al. (2002) tritt der negative Begrünungseffekt vor allem in trockengestressten Jahren auf. SCHORR (2003) untersuchte auf einem trockenen Standort am Kaiserstuhl (Baden) den Einfluß verschiedener Bodenpflegemaßnahmen. Die Abdeckung mit Stroh führte zu den geringsten UTA-Werten im Wein. Allerdings fanden sich hier hohe Böckser-Werte, die aber kellertechnisch (im Gegensatz zu UTA) zu beseitigen sind. Dagegen bildete sich neben der Kontrolle auch in der Variante mit Bodenbearbeitung ein starker UTA. SCHORR (2003) führt dies auf einen ungünstigeren Wasserhaushalt in der bearbeiteten Variante zurück.

Der Trockenheit wird eine wichtige Rolle bei der UTA-Entstehung zugesprochen (POHL 1993, RAPP & VERSINI 1995, LÖHNERTZ 1996, MÜLLER 2000, 2002, WINTER 2003). Dennoch gibt es kaum Daten über den Einfluß einer **Bewässerung** auf den UTA. Bei einem Versuch mit Silvaner 1991 in Franken war der UTA-Wert aufgrund einer Bewässerung sowohl bei offenem Boden als auch bei Dauerbegrünung minimal erhöht (SCHWAB et al. 1996). Die AAP-Werte der Weine in den offenen Varianten entsprachen dieser Beobachtung, in der begrünten Variante lag die AAP-Konzentration bei Bewässerung jedoch darunter (RAPP et al. 1998). Nach Beobachtungen von MÜLLER (1996, zit: SPONHOLZ et al. 2001) in Oregon kann eine Zusatzbewässerung zum richtigen Zeitpunkt die Ausbildung vom UTA verhindern.

Der negative Einfluß von **UV-Strahlen** wurde in verschiedenen Versuchen belegt. Eine reduzierte UV-Strahlung, sowohl durch Abdeckung mit Folie als auch durch eine Absorber-Behandlung, führte zu niedrigeren AAP- und Skatol-Konzentrationen und höheren Indol-Konzentrationen im Wein (HÜHN et al. 1999, 2002, SPONHOLZ et al. 2001). Eine **Entblätterung** der Traubenzone hat mehrere Folgen: Die photosynthetische Leistung der Rebe wird reduziert und die Rückverlagerung des Stickstoffs aus dem Blatt verhindert. Außerdem führt die Entblätterung zu einer besseren Belichtung und Belüftung der Trauben, damit allerdings auch zu erhöhter UV-Strahlung (SCHULTZ et al. 1999, JÄHNISCH 1998). MÜLLER (2004) vermutet deshalb vor allem in sonnenreichen Jahren und bei exzessiver Entblätterung eine UTA-Gefährdung, während in sonnenarmen Jahren und bei maßvoller Entblätterung die Vorteile überwiegen. Bei dem Kerner-UTA-Versuch in Franken führte die Blattflächenreduzierung zu Weinen mit stärkeren UTA-Noten (SCHWAB & PETERNEL 2001). Die AAP-Konzentrationen in den Weinen waren jedoch nicht unterschiedlich (HOENICKE 2002).

Zu **hoher Ertrag** wird zu den Mitverursachern von UTA gezählt (LÖHNERTZ 1996, SCHWAB et al. 2001, MÜLLER 2002), wenn nicht sogar zu den Hauptverursachern (WALG 2003). Versuche mit unterschiedlich hohem Anschnitt können dies aber nicht

eindeutig belegen. SCHWAB et al. (1996) variierten den Anschnitt bei Silvaner 1992 zwischen 7 und 4 Augen/m² und fanden höhere UTA-Werte bei höheren Erträgen. Bei dem Kerner-UTA-Versuch konnte der Einfluß des Anschnittes nicht belegt werden. Die Autoren begründen dies mit einem insgesamt zu niedrigen Ertragsniveau (SCHWAB & PETERNEL 2001). Bei diversen Versuchen mit Augenzahlen zwischen 4 und 12 Augen/m² konnten RAPP & VERSINI (1995) keine unterschiedlichen AAP-Konzentrationen im Wein finden. Sie folgern, daß bei optimaler Wasser- und Nährstoffversorgung kein Ertragseinfluß zu finden ist. Nach SCHWAB et al. (1996) scheinen auch bei verschiedenen **Unterlagen und Klonen** geringe Unterschiede in der Ausbildung eines UTA zu bestehen. PETERNEL (1998) fand bei der Unterlage SO4 eine höhere UTA-Neigung im Vergleich zur 5BB. Durch das größere Aneignungsvermögen für Wasser und Nährstoffe von 5BB können Stress-Situationen leichter überwunden werden (BADER 1996).

Bei roten **Rebsorten** wird kein UTA gefunden (BADER 1996). Dies beruht nach SCHWAB et al. (1999) auf der höheren Gerbstoffkonzentration dieser Weine und der daraus folgenden geringeren AAP-Bildung. Zudem liegt die Geruchsschwelle in Rotwein höher als in Weißwein (CHRISTOPH et al. 1995). Die Weißweine sind alle von UTA betroffen, die Sorten Gutedel, Müller-Thurgau, Kerner, Riesling und Silvaner werden im allgemeinen als besonders empfindlich bezeichnet (POHL 1992, RAPP et al. 1993, WOHLFAHRT 1993, JAKOB 1993). Nach SCHWAB et al. (1996) neigen allerdings die Sorten Riesling und Müller-Thurgau weniger zu UTA, da insbesondere der Riesling trockenheitsbeständiger ist. Auch die Burgundersorten sind nicht so UTA-gefährdet (WOHLFAHRT 1995, BADER 1996, BACH 2005). Darüber hinaus finden sich bei Bukettsorten selten UTA-Fehltöne, was sich zum einen durch die niedrigeren Erträge, zum anderen durch die Maskierung erklärt (SCHWAB et al. 1996). Einschränkend muß bemerkt werden, daß bis auf den Unterschied zwischen Rot-, und Weißwein keine gesicherten konkreten Sortenunterschiede bekannt sind. Es wurden keine Sortenversuche durchgeführt, die an einem Standort unter gleichen Bedingungen die UTA-Neigung oder gar die AAP-Bildung untersucht hätten. Die hier aufgeführten Literaturstellen beziehen sich ausschließlich auf europäische Rebsorten (*Vitis vinifera*). Amerikanische Rebsorten weisen natürlicherweise eine hohe Konzentration an AAP auf. RAPP et al. (1998) fanden bis zu 6 µg AAP/L und Anthranilsäuremethylester bis zu 350 µg/L. Beide Substanzen sind für den Foxtton in Amerikanersorten und früheren Hybridreben verantwortlich (ACREE et al. 1989).

Die genannten **Faktoren** können sich **kumulativ** verstärken (SCHWAB et al 2001). So wirkt sich eine Dauerbegrünung insbesondere bei früher Lese negativ aus, während bei später Lese kein Effekt gefunden wurde (SCHWAB et al. 1999). Hohe Erträge sind besonders in Trockenjahren UTA-fördernd.

Entsprechend der vorrangigen Bedeutung der **Vorstufe IES** bei der AAP-Bildung wurde von HOENNICKE (2002) der Einfluß weinbaulicher Maßnahmen auf die IES-Konzentration untersucht. Freie IES wurde bei einer Bestimmungsgrenze von 3 µg/L in Most nicht gefunden. Die Einlagerung von gebundener IES in Trauben ist bei Stress nicht erhöht. Dies wurde mehrfach gemutmaßt (SCHWAB et al. 1998, MÜLLER 2000). Vielmehr scheint dies nach einem ähnlichen Muster wie die Einlagerung der Aminosäuren in die Trauben zu erfolgen: Sowohl auf eine späte Lese als auch auf die Faktoren

Entblätterung und Anschnitt reagierten AS und gesamt-IES-Konzentrationen in Trauben gleich. Zwischen der Konzentration an Gesamt-IES in Trauben und dem resultierenden UTA im Wein fand sich kein Zusammenhang. Dagegen wurde zwischen IES im Jungwein und UTA eine gute Korrelation festgestellt. SIMAT et al. 2004 (auch veröffentlicht in HOENNICKE 2002) fanden in Weinen bei später Lese niedrigere Konzentrationen an freier IES. Sie vermuten, daß bei Stress aufgrund eines veränderten Hefemetabolismus vermehrt freie IES während der Gärung gebildet wird. MATTIVI et al. (1999) fanden in italienischen Chardonnay-Weinen bei wenig fruchtbaren Böden mit 30 µg IES/L rund 50% höhere Konzentrationen als bei fruchtbaren Böden. POUR NIKFARDJAM et al. (2005) stellten bei Riesling und Sauvignon-Weinen in Ungarn höhere IES-Konzentrationen infolge von Gibberellinbehandlung der Reben fest

2.5 Empfehlungen zur Verminderung des UTA

SCHWAB et al. (2001):

- „Reifes“ Lesegut ist der Schlüssel zur UTA-Vermeidung. Bestimmung der physiologischen Reife ist eine der wichtigsten Maßnahmen
- Vermeidung von Wassermangel-Stress
- Moderate Ertragsgestaltung
- Lese bei Vollreife
- Gezielte Humusersatzwirtschaft
- Bodenabdeckung in Steillagen, moderate Wasserzufuhr in begrünter Anlagen
- Sorgsamer Rebschutz
- Langfristige Erhaltung der Vitalität

RAPP & VERSINI (2002):

- Stress für die Reben so gering wie möglich halten
- Überhöhte Erträge besonders in Junganlagen vermeiden
- Keine frühe Lese. Physiologische Reife abwarten
- Ausschalten der Wasser- und Nährstoffkonkurrenz
- Bodenpflege/Dauerbegrünung ist Standort- und Witterungsbedingungen anzupassen
- Bodenbearbeitungen vermindern UTA (durch bessere Stickstoffaufnahme)
- Rechtzeitige und kontinuierliche Bewässerung
- Langfristige Verbesserung der Wasserspeicher-Kapazität des Bodens
- Ausreichende Humusversorgung (ca. 2,5%)
- Organische Düngung (Rinde oder Stallmist)
- Zusatz von Gärtsalzen zum Most kann UTA nicht verringern, aber Bockserbildung vermindern
- Frühzeitiger Ascorbinsäureeinsatz (150 mg/L) vor oder kurz nach Schwefelung vermindert Umsetzung von IES zu AAP

MÜLLER (2002):

- Bei humusarmen oder schlechtstrukturierten Böden: N-Düngung bis zur Erreichung einer mittleren Wuchskraft
- Bodenpflegesystem den Standort- und Witterungsbedingungen anpassen und flexibel handhaben
- Überhöhte Erträge vermeiden, besonders in jungen Anlagen
- Große Standräume vermeiden
- Warten auf physiologische Vollreife (lange Gesunderhaltung der Trauben vorausgesetzt!)
- Ausreichende Humusversorgung (ca. 2,5%)
- Viel Altholz anstreben
- Durchwurzelbarkeit optimieren
- Teilentblätterung nur unter sorgfältiger Abwägung der Vor- und Nachteile

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsaufbau

Die Versuchsanlage wurde vom Weingut Schloß Vollrads bewirtschaftet. Es handelte sich um eine 1977 mit Riesling bepflanzte Anlage in der Gemarkung Oestrich-Winkel, Lage Greifenberg, Rheingau. Die Rebsorte Riesling Klon GM 239 wurde auf der Unterlage 5C veredelt. Zeilenbreite und Stockabstand betragen 1,9 x 1,3 m. Die Erziehungsform war eine Drahtrahmenanlage mit Spalierziehung und Pendelbogen. Das Anschnittniveau betrug 5 Augen/m². Die Hangneigung betrug ca. 10° Richtung Süd-Ost. Das Versuchsfeld weist nach dem Weinbaustandortatlas (LÖHNERTZ et al. 2004) ein potentiell Mostgewicht von 83° Oe auf und ist damit in die Klassifizierung des ersten Gewächses aufgenommen.

Der Boden war eine Braunerde/Parabraunerde, wobei die räumliche Variabilität des Bodentyps sehr hoch war (Abb. 1). Das Ausgangsgestein war eine 30-100 cm tiefe Lößlehmsschicht mit Terrassen- oder Meeressandbeimengung. Danach folgte eine Lößschicht, die z.T. verlehmt sein konnte; der tiefere Untergrund bestand aus tertiärem Meeressand. Bei der Bodenart handelte es sich im Rigolhorizont um sandigen Lehm, der schwach kiesig war. Dann folgten 30-100 cm lehmiger Sand bis stark sandiger Lehm. Durch das Versuchsfeld zog sich in 50 cm Tiefe eine Sandbank von den Parzellen 1, 2, 3 diagonal zu den Parzellen 46, 47, 48. Der Boden war sehr tiefgründig, so daß ein günstiger Wasserhaushalt mit hoher maximaler nFK gegeben war. Der pH-Wert betrug durchschnittlich 7,6 bei einem sehr niedrigen Humusgehalt von 1,4% (Tab.1).

Der Versuch wurde 1985 als randomisierte Blockanlage mit vier-facher Wiederholung angelegt, wobei die Höhe (0-150 kg N/ha) und der Zeitpunkt (Austrieb, Nachblüte) der N-Düngung variierten. Die Austriebsdüngung erfolgte mit Nitrophoska perfekt (15/5/20/2) und die Nachblütendüngung mit Kalkammonsalpeter (27,5%). Zur Ausgleichsdüngung (P, K, Mg) der Düngevarianten wurden Hyperphos und 50er Kali eingesetzt. 12 Düngevarianten waren damit wie in Abb. 1 auf 48 Einzelparzellen verteilt.

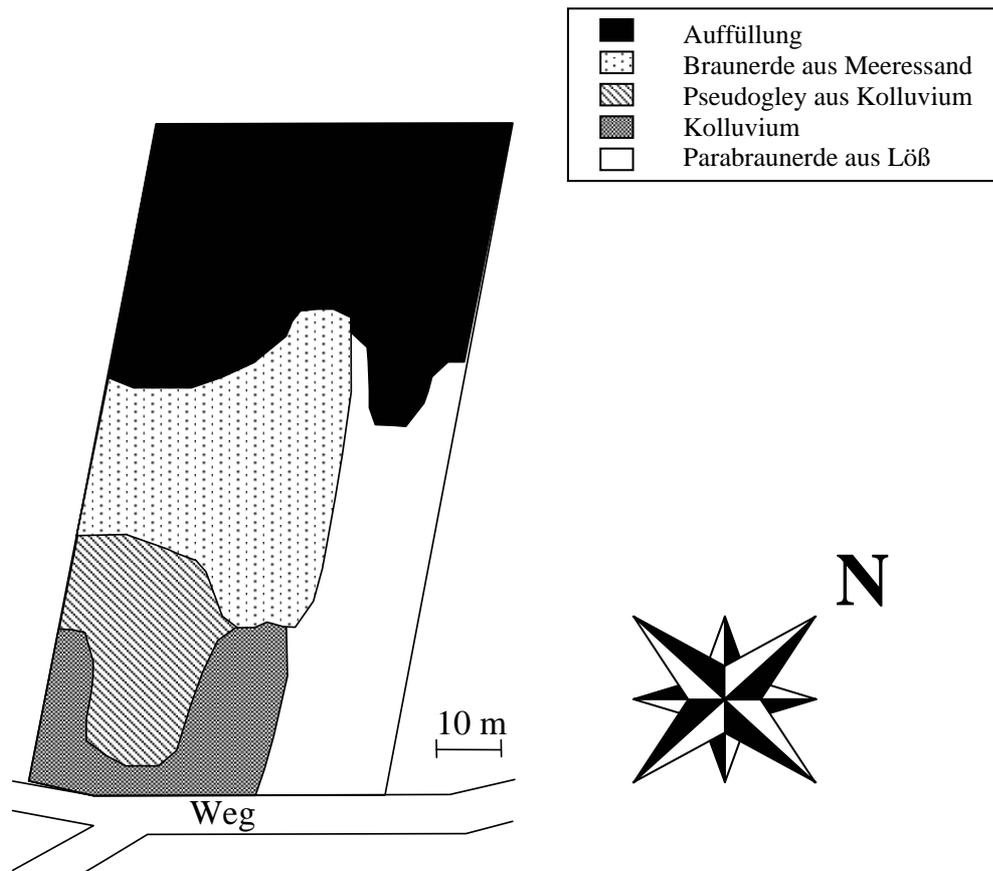
Das gesamte Versuchsfeld war 0,65 ha groß und alternierend begrünt. Zur Dauerbegrünung wurde 1987 in jede 2. Reihe die Sedamix-Mulchmischung III eingesät, wobei die begrünzte Zeile seither nie umgebrochen wurde. Der Unterstockbereich wurde mit drei- bis viermaliger mechanischer Bearbeitung offengehalten. Die offenen Gassen wurden pro Jahr etwa fünfmal gegrubbert, und in den begrünzten Gassen wurde im Frühjahr das Schnittholz gehäckselt und pro Jahr vier- bis fünfmal gemulcht. Eine Parzelle war 125 m² groß, mit 48 Reben bei einem Standraum von 2,5 m² bestockt und betrug drei Stickellängen über vier Rebzeilen. Die Probennahme erfolgte immer in den mittleren beiden Zeilen, um Randeffekte auszuschließen.

Der Ertrag und verschiedene Kennzahlen im Most wurden in allen 48 Parzellen erhoben: Mostgewicht, Säure, pH, Mineralstoffe (N, P, K, Mg, Ca, Fe, Zn, Mn, Cu). Für die Vinifizierung wurden Moste aus sämtlichen Wiederholungen der folgenden Düngevarianten gewonnen: 0/0, 30/0, 0/60, 90/0, 90/60. Die erste Zahl gibt die Austriebsdüngung, die zweite die Nachblütendüngung in kg N/ha an. In der folgenden

Arbeit werden diese Varianten nur mit der Gesamtmenge der N-Düngung angegeben. (0, 30, 60, 90, 150 kg N/ha/Jahr). Der Ausbau der Weine erfolgte im 10 L-Glasballon, wobei der Gärverlauf durch Wägung erfaßt wurde. Als Hefe wurde die „Champagne Epernay Geisenheim“ (CEG) eingesetzt. Die zu Wein ausgebauten fünf Düngevarianten sind in der Abb. 1 fett gedruckt. Die Moste und ungeschwefelten Weine wurden bis zur Analyse bei -20°C gelagert. Es wurde weder eine Schönung noch eine Entsäuerung der Weine durchgeführt. Zur Füllung der Weine in Schraubverschlußflaschen fand eine Schwefelung und EK-Filtration statt. Die Flaschenweine lagerten bei 14°C.

Tab. 1: Bodenkenndaten der Versuchsfläche.

Typ	Parabraunerde/Pararendzina-Rigosol	
Art	sandiger Lehm, Untergrund tertiärer Meeressand	
Tiefgründigkeit	> 8 m	
Körnungsanalyse		Anteil (%)
	Skellett	11,6
	Sand	34,6
	Schluff	40,8
	Ton	24,7
Dichte	Begrünte Zeilen	1,60
	Offene Zeilen	1,25
Wasserhaushalt	pF 4,2	9 vol%
	Max nFK	280 mm
chem. Kenndaten	pH (CaCl ₂)	7,6
	C	0,80%
	N	0,07%
	C/N-Verhältnis	11,7
	CAL-Untersuchung	mg/100 g (Gehaltsklasse)
	P ₂ O ₅	28 (D)
	K ₂ O	23 (D)
	MgO	8 (B)
	Schwermetallanalyse (Säureaufschluß)	mg/kg
	Fe	40150
Zn	110	
Mn	850	
Cu	70	



48 90/0	42 60/60	36 30/0	30 0/30	24 60/60	18 0/30	12 90/0	6 30/60
47 90/60	41 60/30	35 30/60	29 0/0	23 60/0	17 0/60	11 90/30	5 30/0
46 90/30	40 60/0	34 30/30	28 0/60	22 60/30	16 0/0	10 90/60	4 30/30
45 60/0	39 0/60	33 90/0	27 30/30	21 90/60	15 60/30	9 30/0	3 0/60
44 60/30	38 0/0	32 90/30	26 30/60	20 90/30	14 60/0	8 30/60	2 0/30
43 60/60	37 0/30	31 90/60	25 30/0	19 90/0	13 60/60	7 30/30	1 0/0

Abb. 1: Räumliche Variabilität der Bodentypen innerhalb der Versuchsfläche (Quelle: ZIMMER 1997), sowie die Anordnung der Varianten auf der Versuchsfläche mit Angabe der Parzellennummer (obere Zahlen) und der jährlichen N-Düngung in kg N/ha als Austriebs- bzw. Nachblütendüngung (untere Zahlen). Fett gedruckte Parzellen wurden zu Wein ausgebaut und in dieser Arbeit untersucht.

3.2 Analyse der freien und gebundenen IES sowie von Tr und Trp-Derivaten in Most und Wein

Die Methode zur Bestimmung der freien und gebundenen IES mittels HPLC-FLD (HOENICKE et al. 2001, 2002) wurde leicht modifiziert. Hierzu wurden 2 mL Probe (Most, Wein) mit 2 mL Indolpropionsäure (0,1 mg/L) als interner Standard versetzt und mit NaOH-Lösung auf pH 6-7 eingestellt. Mittels Festphasenextraktion wurden aus der Probe 2 Eluate isoliert. Es wurde dazu ein starker Anionentauscher SAX (Merck, 500 mg) benutzt. Zur Säulenvorbereitung wurden 2 mL MeOH, 2 mL Elutionslösung 2 (5% vol Acetonitril, 5,7% vol Essigsäure, 89,3% vol bidest. Wasser) und 2 mL bidest. Wasser in dieser Reihenfolge aufgegeben. Danach wurden 2 mL der aufbereiteten Probe aufgegeben. Die Elution der Proben erfolgte mit zweimal 1 mL Elutionslösung 1 (5% vol Acetonitril, 95% vol bidest. Wasser), womit entsprechend Eluat 1 gewonnen wurde. Anschließend wurde die Säule mit 10 mL Elutionslösung 1 bei Most bzw. 15 mL bei Wein gewaschen. Mit zweimal 1 mL Elutionslösung 2 wurde danach Eluat 2 gewonnen. Höhere Elutionsmengen führten zwar zu einer höheren Wiederfindungsrate, aufgrund der Verdünnung aber auch zu höheren Nachweisgrenzen und insbesondere bei IES zu einer wesentlich schlechteren Reproduzierbarkeit. In dem Eluat 1 wurden folgende Substanzen erfaßt: N-Formyl-Kynerunin (NFK), Tryptophan (Trp), Methyltetrahydro- β -carbolin-carbonsäure (MTHCC), Tryptophol (TOH). Im Eluat 2 fanden sich Antranilsäure (AA), Indolmilchsäure (IMS), Indolessigsäure (IES) sowie der interne Standard Indolpropionsäure (IPS). Die Auftrennung der Trp-Derivate in 2 Eluate war notwendig, weil IES und TOH bei der Chromatographie zur selben Zeit erscheinen.

Zur Bestimmung der gebundenen IES wurde eine alkalische Hydrolyse (4 M NaOH, 4 Stunden bei 110°C unter N₂) mit anschließender Festphasenextraktion (C₁₈-Säule, 500 mg, Merck) durchgeführt. Hierzu wurden die Säulen mit 2 mL MeOH konditioniert und mit 2 mL bidest. Wasser nachgewaschen. Danach wurden 2 mL der hydrolysierten Probe auf die Säule gegeben, mit 2 mL bidest. Wasser nachgewaschen und mit zweimal 1 mL MeOH eluiert.

Die anschließende HPLC-FLD-Analyse erfolgte sowohl für die freien Trp-Derivate als auch für die gebundene IES mit einem HP 1090-Chromatograph. Als Trennsäule wurde ein LiChrospher (Merck) Rp-18 (5 μ m, 250 x 3 mm) eingesetzt. Der Säulenofen wurde auf 35° C eingestellt. Als Eluenten dienten die Lösung A: 0,1% Trifluoressigsäure, und Lösung B: Acetonitril. Folgendes Gradientenprogramm wurde verwendet: 0 min: 95% A, 15 min: 60% A, 25 min: 60% A, 27 min: 0% A, 29 min: 0% A, 31 min: 95% A, 40 min: 95% A. Der Fluß betrug 0,7 mL/min. Als Fluoreszenzdetektor diente der HP 1404. Das Fluoreszenzprogramm mußte aufgrund unterschiedlicher Retentionszeiten für die verschiedenen Eluate unterschiedlich gewählt werden (Tab. 2). Das Optimum bezüglich des S/R-Verhältnisses für Verstärkungsfaktor (PMT) und Gain betrug 13 bzw. 4.

Tab. 2: Fluoreszenzdetektorprogramm.

	min	Extinktion	Emission
Eluat 1	0	255	435
	8	255	360
	40	255	360
Eluat 2	0	255	435
	10	255	360
	40	255	360

Die Identifizierung erfolgte durch Vergleich der Retentionszeiten mit den Standardsubstanzen. Die Substanzen NFK und MTHCC sind wie bei SIMAT et al. (1994) beschrieben synthetisiert worden und wurden freundlicherweise von HOENICKE zur Verfügung gestellt. Die quantitative Bestimmung über die Peakflächen wurde anhand einer externen Kalibrierung vorgenommen. Die von HOENICKE et al. (2001) benutzte Quantifizierung anhand der Methode des internen Standards wurde nicht verwendet. Der dort verwendete interne Standard für das erste Eluat, Tryptophanbutylester (TBE) zersetzt sich schnell und ist zudem nach der Festphasenextraktion wesentlich stärkeren Schwankungen unterworfen als die Metaboliten selbst. TBE war damit nicht geeignet, um die Schwankungen durch die Festphasenextraktion auszugleichen. Im Gegensatz dazu kann die Verrechnung der Werte im zweiten Eluat (AA, IMS, IES) mit dem dazugehörigen internen Standard IPS die Streuung der Probenaufbereitung leicht verbessern. Eine bessere Reproduzierbarkeit ergab sich jedoch, wenn der interne Standard lediglich als Indikator für Ausreißer benutzt wurde. Zur Kalibrierung der Messung der gebundenen IES wurde IES-Ala benutzt.

Tab. 3: Ergebnisse der Kalibrierung der HPLC-Analytik: Retentionszeit, Regressionskoeffizient (x = Peakfläche, y = Konzentration (mg/L bei NFK und Trp, $\mu\text{g/L}$ bei allen anderen Metaboliten), Nachweisgrenze, berechnet mit Signal/Rauschverhältnis von 3:1, und relative Standardabweichung im Durchschnitt über den gesamten Meßbereich (6 Konzentrationsstufen, $n = 5$).

		Retentionszeit (min)	Regressions- koeffizient	Nachweis- grenze ($\mu\text{g/L}$)	rel. Standard- abweichung (%)
Eluat 1	NFK	7,5	0,200	50	15
	Trp	10,2	0,013	13	6
	MTHCC	12,6	0,700	1	3
	TOH	14,3	0,500	1	4
	IESEE	21,5	2,040	2	5
Eluat 2	AA	9,2	1,200	1	6
	IMS	12,4	3,700	2	10
	IES	14,2	2,600	1	10
Hydrolyse	gesamt IES	14,2	2,600	10	17

3.3 Weitere Analysen

Freie Aminosäuren

Die Analyse der Aminosäuren erfolgte mittels HPLC. Die Methode wird bei PRIOR (1997) und BLESER (1999) detailliert beschrieben. Als Extraktionsmittel wurde Sulfo-salicylsäure verwendet, zur Derivatisierung wurde Dansyl-Cl benutzt. Die HPLC-Anlage der Firma Spectra Physics arbeitet mit einem ternären Gradientensystem; als Detektor kam ein Fluoreszenzdetektor vom Typ Jasco 820 FP zum Einsatz. Tryptophan kann zwar mit dieser Methode erfaßt werden, da es aber häufig Trennungsprobleme und Überlagerungen mit einem Störpeak gab, stammen die dargestellten Werte aus der in 3.2 beschriebenen Methode.

Mineralstoffe

Zur Probenaufbereitung wurde eine Naßveraschung mit einem Gemisch aus konzentrierter Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid durchgeführt (SCHALLER 2000). Die Messung von Mg, Na, Cu, Fe, Zn, Mn erfolgte mittels AAS. Gesamt-N sowie P wurden photometrisch mittels Fließinjektionsanalyse bestimmt, und K sowie Ca wurden am Flammenphotometer gemessen.

AAP und S-haltige Aromen

Die AAP-Messung sowie die Bestimmung von schwefelhaltigen Weinaromen wurden simultan im Fachgebiet Mikrobiologie & Biochemie der FA Geisenheim durchgeführt. Die Extraktion der Weine erfolgte mit einem Gemisch aus Hexan/Dimethyl. Die Messung wurde mit einem GC/MS-System durchgeführt (RAUHUT & KÜRBEL 2002). Die AAP-Bestimmung konnte aus Kapazitätsgründen nicht in allen Feldwiederholungen des gesamten Versuches durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurden alle vier Wiederholungen der Varianten 0, 60 und 150 kg N/ha untersucht, sowie je eine Feldwiederholung der übrigen Varianten (Parz. Nr. 5 für 30 kg N/ha und Parz. Nr. 12 für 90 kg N/ha). Von den älteren Jahrgängen 1994 und 1995 waren nicht mehr alle Weine verfügbar. 1994 waren nur je drei Wiederholungen der Düngevarianten 0 und 150 kg N/ha vorhanden. 1995 war in diesen Düngevarianten sogar nur noch je ein Wein vorhanden. Die Messung der Jahrgänge 1994-1998 erfolgte im Herbst/Winter 2001. Der Jahrgang 1999 wurde erst im Winter 2002 gemessen. Damit wurden die beiden jüngeren Jahrgänge 1998 und 1999 jeweils 2,5 Jahre nach der Füllung untersucht.

Chemische Bodenparameter

Die Bodenproben wurden mittels CAL-Methode auf P, K und Mg untersucht. N_{\min} wurde mittels $CaCl_2$ -Lösung extrahiert. P und N_{\min} wurden anschließend mittels FIA bestimmt, die K-Bestimmung erfolgte flammenphotometrisch und Mg wurde mittels AAS erfaßt. Die organische Substanz wurde durch eine konduktometrische C und N-Bestimmung sowie die CO_2 -Bestimmung nach SCHEIBLER erfaßt. Die Umrechnung von C auf den

Humusgehalt erfolgte mit dem Faktor 1,724. Die Bestimmung der Bodenfeuchte erfolgte gravimetrisch. Sämtliche Methoden sind bei SCHALLER (2000) beschrieben.

Mykorrhizierung

Der Mykorrhizierungsanteil wurde an lebenden Saugwurzeln der Rebe bzw. an Wurzeln der Gräser am 12. 10. 2000 nach der Fluoreszenz-Methode an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bernkastel-Kues bestimmt. Neun Wurzelstücke à 1 cm Länge wurden dazu auf die Mykorrhizierung (ja/nein) untersucht und der Mittelwert bestimmt (MOHR 2000, mündliche Mitteilung). Es wurden sämtliche Parzellen der Varianten 0, 60 und 150 kg N/ha in dreifacher Wiederholung untersucht, so daß pro Variante 12 Wiederholungen vorlagen.

Chlorophyllgehalt

Mit einem Handphotometer (N-Tester) der Firma Hydro-Agri wurde der Chlorophyllgehalt der Blätter zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen. Der N-Tester bestimmt den Chlorophyllgehalt der Blätter indirekt mittels Transmission bei einer Absorption von 650 nm. Ausgegeben werden dimensionslose Blattgrünwerte, die sehr gut mit dem Chlorophyllgehalt der Blätter korrelieren (RUPP et al. 1999).

Vegetative Parameter

Die Bestimmung des Schnittholzgewichtes wurde an vier Stöcken pro Parzelle beim Rebschnitt im Winter vorgenommen. Durchmesser, Augenzahl und Trieb länge wurden einmalig im Winter 1999/2000 bestimmt. Pro Parzelle wurden dazu 10 Triebe vermessen und daraus der Mittelwert bestimmt.

Die Größe der Blätter wurde im Sommer 1999 bestimmt. Dazu wurden an zwei Stöcken pro Parzelle an je einem Trieb vorne, in der Mitte und am Ende der Bogrebe alle Blätter vermessen. Die Länge des Hauptnervs der Blattspreite (LHB) wurde mit der Regressionsgleichung von SCHULTZ (1992) umgerechnet:

$$\text{Blattfläche (cm}^2\text{/Blatt)} = 1,18 * (\text{LHB} - 2,6) * (\text{LHB} + 8,75)$$

Aromastoffe

Je ein Wein aus jeder Düngestufe (Parzellen-Nr.: 3, 5, 10, 12, 16) wurde mittels GC/MS auf Monoterpene, höhere Alkohole, einige Fettsäuren sowie deren Ester untersucht. Die Probenaufbereitung und Messung erfolgte im Fachgebiet Mikrobiologie & Biochemie der Forschungsanstalt Geisenheim nach einer von RAPP et al. (1994) modifizierten Kaltron-Methode.

Antioxidatives Potential

Bei den Weinen des Jahrgangs 1998 und 1999 wurde das antioxidative Potential mit dem Photochem[®]-Gerät der Firma AnalytikJena bestimmt. In der Probe werden Superoxidradikale erzeugt, die mit den Antioxidantien reagieren. Die freien Radikale reagieren mit einer chemolumineszenten Substanz; mit Hilfe der entstandenen Lumineszenz werden die Antioxidantien als Summenparameter quantifiziert. Die Ergebnisse werden in äquivalenten Konzentrationseinheiten der Ascorbinsäure für wasserlösliche Substanzen (ACW) bzw. Trolox für lipidlösliche Substanzen (ACL) angegeben (Firmenschrift Photochem[®] AnalytikJena 2002).

3.4 Sensorik

Für die Sensorik wurden die vier getrennt ausgebauten Wiederholungen der Düngevarianten 0, 60 und 150 kg N/ha zu einer Mischprobe vereinigt. Die Weine wurden mittels Dreieckstest auf Unterschiede getestet. Anschließend wurden die Weine mittels Rangordnungstest und nach dem DLG-5-Punkte-Schema bewertet. Diese Tests sind bei TROOST (1980) beschrieben. Des Weiteren wurde eine deskriptive Sensorik durchgeführt. Dafür mußten die Weine nach vier Attributen jeweils in der Intensität von 0-10 eingestuft werden: Fruchtig, Blumig, Vegetativ, UTA. Ein Geruchsstandard für jedes Attribut mit der Intensität 10 stand zur Verfügung. Das Panel wurde in dem Attribut UTA in zwei gesonderten Dreieckstests überprüft. Dazu wurde einem relativ fruchtigen 1998er Riesling QbA 0,7 bzw. 1 µg/L AAP zudosiert; diese Proben wurden gegen die undosierte Kontrolle verkostet. Die Dosierung mit 1 µg/L AAP wurde ebenfalls als Geruchsstandard für das Attribut UTA mit der Intensität 10 verwendet.

Im Verlauf einer Panelsitzung wurde jeder Wein in zweifacher Wiederholung verkostet.

Da die Jahrgänge im Vergleich verkostet werden sollten und sich das Panel in seiner Zusammensetzung nicht zu sehr verändern sollte, wurden mehrere Jahrgänge gleichzeitig in aufeinanderfolgenden Jahren verkostet. Es ließ sich damit nicht vermeiden, daß die Weine unterschiedlich alt waren – die Unterschiede wurden so aber minimiert.

Die Jahrgänge 95 und 96 waren zum Zeitpunkt der deskriptiven Sensorik drei Jahre alt. Der 1994er Jahrgang war vier Jahre und der 97er zwei Jahre alt. Die Jahrgänge 98 und 99 wurden neun Monate bzw. ein Jahr nach der Füllung verkostet.

Alle vier Feldwiederholungen der Weine 1996-1999 aus den Düngevarianten 0, 60 und 150 kg N/ha wurden in einer späteren UTA-Nachverkostung ausschließlich auf das Attribut UTA geprüft. Die Weine waren zu diesem Zeitpunkt drei (1999) bis sechs (1996) Jahre alt. Damit wurde sichergestellt, daß die jüngeren Jahrgänge 98 und 99 sicher einen UTA entwickeln konnten und die UTA-Sensorik nicht wesentlich vor der analytischen Bestimmung von AAP lag.

3.5 Weitere Untersuchungen auf der Versuchsfläche

Auf der Versuchsfläche wurde eine Vielzahl weiterer Untersuchungen in Form von Diplomarbeiten durchgeführt. Zu Beginn des Versuchs lagen die Ertragskomponenten und der Mineralstoffgehalt in den Blättern im Zentrum der Arbeiten (KNIPSER 1990, EICHLER 1990). Es folgten Untersuchungen zum Nitratgehalt in den Blattstielen (RIEDE 1991) und zur Nitratreduktaseaktivität (SCHOLTES 1992). Später wurde besonderes Augenmerk auf die Mineralstoffeinlagerung in die Beeren bzw. in das Rebholz gelegt (CLEMENS 1992, KROTH 1994, GÖPFERT 1993, KEßLER 1999). Im weiteren wurden die Photosyntheseleistung und der Chlorophyllgehalt untersucht (HAMBACH & LOOSEN 1992, GRUBER 1997, EHRLICH 1999). Außerdem wurde eine pflanzensoziologische Arbeit zur Begrünung durchgeführt (LINSENMEIER 1992) sowie die mikrobiologische Diversität im Boden untersucht (HAMM 1997). Im Rahmen von Dissertationen wurden die Kohlenhydrate (KORKAS 1994), Aminosäuren (PRIOR 1997) und Polyamine (BLESER 1999) schwerpunktmäßig untersucht. Weitere Untersuchungen wurden über glykosidisch gebundene Inhaltsstoffe (WERWITZKE 2003) und biogene Amine (SMIT 2006) durchgeführt.

3.6 Statistik

Zur Signifikanzberechnung der Mittelwerte wurde eine ANOVA mit dem Fischer-Test und einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% durchgeführt. Innerhalb der Jahrgänge wurde eine einfache ANOVA durchgeführt, mit dem gesamten Datensatz wurde weiterhin eine zweifache ANOVA durchgeführt. Die Anteilziffer berechnet sich als Quotient aus der Summe der Abweichungsquadrate des Faktors und der Abweichungsquadrate insgesamt. Die Regressionen waren sämtlich linear und wurden ebenfalls mit 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit abgesichert. Die Fehlerbalken in den Abbildungen stellen den Standardfehler (SF) dar. Bei der Sensorik wurden die Bewertungen der einzelnen Prüfer als Wiederholungen verrechnet, bei der UTA-Nachverkostung sind dagegen die Mittelwerte der Feldwiederholung als Wiederholung in die Verrechnung eingegangen.

3.7 Witterungsverhältnisse

1996 war das einzige Jahr im Versuchsverlauf, das niedrigere Durchschnittstemperaturen als das langjährige Mittel aufwies. Dabei waren die Temperaturen in nahezu allen Monaten niedrig, lediglich im Herbst lagen sie im Durchschnitt. Die Sonderstellung des Jahres 1996 wird noch deutlicher, wenn man berücksichtigt, daß es seit 1988 (bis 2004) das einzige unterdurchschnittlich kalte Jahr war. Die Temperaturen der Jahrgänge 1995, 1997 und 1998 lagen im Jahresmittel etwa 3-5% über dem langjährigen Mittel. Dies waren damit die nach 1996 ebenfalls kühleren Versuchsjahre. Hierbei war 1998 der Sommer kühler als 1995 und 1997. Insbesondere die Temperatur in den phänologisch wichtigen Monaten Juli-September lagen 1998 tiefer als im Durchschnitt. Als wärmsten Jahre waren 1994 (+13%) und 1999 (+9%). 1999 fallen vor allem der heiße Juli, bei kühlerem Juni und August, und der im Vergleich zum Mittel um 4°C wärmere September auf. 1994 waren dagegen alle Sommermonate deutlich wärmer, während im Herbst durchschnittliche Temperaturen herrschten.

Die Jahrgänge 1994 und 1997 waren insgesamt am regenärmsten. In diesen Jahren fielen nur ca. 80% des langjährigen Mittels an Niederschlägen. Bezogen auf die Monate Juli-September waren es sogar lediglich 70 bzw. 60%. Ebenfalls geringere Niederschläge waren im Jahr 1996 zu verzeichnen, hier fielen insgesamt 90% bzw. in den Sommermonaten 80% der Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittel.

Die Jahrgänge 1995, 1998 und 1999 hatten überdurchschnittlich viel Niederschlag. Während 1998 sowohl in den Monaten Juli-September als auch über das gesamte Jahr ca. 10% mehr Niederschlag fiel, waren es 1999 im Sommer mehr als 30% und 1995 sogar mehr als 50%.

Die Sonnenscheinstunden waren in den Jahren 1997 und 1999 deutlich höher als im langjährigen Mittel. Vor allem der September verzeichnete in diesen Jahren wesentlich mehr Sonnenscheinstunden, während von den Sommermonaten 1997 der August und 1999 der Juli erhöht waren. 1994 lag bei den Sonnenscheinstunden im langjährigen Mittel, sowohl auf das ganze Jahr bezogen, als auch auf die Monate Juli-September beschränkt. Etwas unter dem Mittel lagen die Jahre 1995 und 1996. Während 1995 in der Vegetationsperiode 8% unter dem Mittel lag und in den Monaten Juli-September im Mittel, waren 1996 vor allem der August und der September ärmer an Sonnenschein.

Tab. 4-6: Witterungsdaten (Lufttemperatur (Monatsmittel), Niederschlag und Sonnenscheinstunden (je Monatssumme) der Wetterstation Geisenheim der Jahre 1994-1999 und im langjährigen Mittel (1971-2000). Quelle: Deutscher Wetterdienst, Geisenheim.

	Lufttemperatur (°C)						Mittel
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Jan	4,4	2,0	-0,3	-2,6	3,2	3,8	1,7
Feb	2,0	5,8	0,3	5,7	4,7	2,7	2,5
März	8,5	4,8	4,2	8,6	7,4	7,1	6,3
Apr	9,5	10,9	10,2	8,7	9,8	10,8	9,5
Mai	14,3	14,2	12,2	14,4	15,8	15,5	14,2
Juni	18,5	16,4	17,6	17,3	18,2	17,0	17,0
Juli	23,3	22,0	17,9	18,7	18,0	20,7	19,1
Aug	19,4	20,0	18,8	21,4	19,0	18,6	18,8
Sep	14,6	13,6	13,0	15,4	14,6	18,1	14,7
Okt	9,1	12,7	10,5	9,0	10,1	10,2	9,9
Nov	9,3	4,6	5,9	5,3	3,4	4,9	5,2
Dez	5,3	0,6	0,1	3,9	2,6	3,8	3,0
Jahreswerte	11,6	10,7	9,2	10,5	10,6	11,1	10,2
%	113%	105%	90%	103%	104%	109%	
Veg.periode	15,5	15,7	14,3	15,0	15,1	15,8	14,7
Juli-Sep	19,1	18,6	16,6	18,5	17,2	19,1	17,5

	Summe Niederschlag (mm)						Mittel
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Jan	47,2	117,2	3,0	19,9	31,2	43,8	37,0
Feb	35,5	50,7	44,4	40,0	9,3	38,3	31,7
März	34,1	60,2	20,6	24,1	21,7	32,6	35,5
Apr	39,3	34,8	24,0	17,9	63,4	57,4	35,0
Mai	49,3	56,2	61,9	29,8	38,3	15,1	48,1
Juni	51,0	27,9	22,9	87,0	58,4	33,5	52,8
Juli	24,6	52,9	56,7	58,8	40,7	131,5	59,3
Aug	28,1	113,6	38,5	17,4	26,1	40,4	43,3
Sep	47,1	54,9	24,8	12,2	90,6	28,8	42,7
Okt	22,4	35,5	65,9	31,5	110,6	40,1	47,1
Nov	29,5	41,5	74,6	55,2	44,6	30,4	45,4
Dez	20,4	36,4	35,2	44,6	52,4	66,8	48,4
Jahreswerte	428,5	681,8	472,5	438,4	587,3	558,7	526,3
%	81%	130%	90%	83%	112%	106%	
Veg.periode	261,8	375,8	294,7	254,6	428,1	346,8	328,3
Juli-Sep	99,8	221,4	120,0	88,4	157,4	200,7	145,3

	Summe Sonnenscheinstunden (Std.)						Mittel
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
Jan	43,5	56,5	40,0	39,3	58,5	50,0	43,5
Feb	68,7	43,2	66,4	77,1	121,0	84,3	77,1
März	106,1	141,2	137,0	134,3	128,2	114,7	119,8
Apr	144,1	128,9	227,3	206,9	99,0	165,7	171,7
Mai	179,6	211,5	113,7	235,9	220,7	205,3	209,4
Juni	241,1	171,3	243,8	169,0	204,0	207,4	200,1
Juli	281,7	279,4	230,9	212,4	150,2	263,3	225,8
Aug	204,0	239,8	203,9	257,9	248,5	207,3	219,8
Sep	107,6	74,3	126,0	242,8	93,4	202,9	151,0
Okt	137,7	73,1	88,6	121,1	44,5	117,7	94,0
Nov	33,7	64,8	32,0	56,8	63,3	56,1	52,0
Dez	47,5	28,8	55,8	33,4	27,1	47,3	38,7
Jahreswerte	1595,3	1512,8	1565,4	1786,9	1458,4	1722	1602,9
%	100%	94%	98%	111%	91%	107%	
Veg.periode	1295,8	1178,3	1234,2	1446	1060,3	1369,6	1271,8
Juli-Sep	593,3	593,5	560,8	713,1	492,1	673,5	596,6

3.8 Phänologische Daten und Botrytisbefall

Eine detaillierte Botrytisbonitur wurde lediglich 1999 durchgeführt. Bis zur Lese nahm der Botrytisbefall in diesem Jahr nochmals zu. 1998 lag die Befallsstärke zum Lesezeitpunkt bei ca. 20%, ein starker Befall wurde außerdem auch 1995 (ohne Bonitur) von BLESER (1999) festgestellt. In den übrigen Jahren wurde kein außergewöhnlicher Botrytisbefall festgestellt.

Tab. 7: Phänologische Daten in den Jahren 1994-1999, sowie im langjährigen Mittel.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Mittel (1972-96)
Austrieb			28.4.	23.4.	2.5.	27.4.	29.4.
Vollblüte	22.6.	28.6.	25.6.	16.6.	20.6.	17.6.	23.6.
Erbsengröße	7.7.	20.7.	24.7.	19.7.	9.7.	10.7.	20.7.
Reifebeginn	16.8.	20.8.	31.8.	26.8.	19.8.	18.8.	25.8.
60 Oe°	6.9.	11.9.	23.9. (66°)	15.9. (63°)	14.9.	10.9.	
Lese (Oe°)	11.10. (79°)	20.10. (83°)	31.10 (87°)	22.10 (87°)	26.10. (88°)	11.10. (82°)	

Tab. 8: Botrytisbonitur als Befallshäufigkeit (%) und Befallsstärke (%) vom 6.10.1999.

	Häufigkeit	Stärke
0 kg N/ha	9 ± 1 a	13 ± 3 a
30 kg N/ha	34 ± 10 b	29 ± 4 b
60 kg N/ha	24 ± 4 ab	28 ± 3 b
90 kg N/ha	41 ± 6 b	29 ± 4 b
150 kg N/ha	40 ± 4 b	40 ± 7 c

4 Ergebnisse

4.1 Boden

4.1.1 Chemische Bodenparameter

Die chemischen Bodenparameter differierten stark zwischen den Düngungsvarianten. Die Durchschnittskonzentrationen an P_2O_5 lagen zwischen 24 und 38 mg /100g. Ebenso variabel waren die K_2O -Konzentrationen (24-40). Die Versorgung mit P und K war im Mittel folglich hoch bis sehr hoch (Gehaltsklassen D bzw. E). Sehr einheitlich präsentierten sich die MgO-Konzentrationen (Gehaltsklasse B) und die pH-Werte.

Von den zu Wein ausgebauten Varianten fiel die 90 kg N/ha-Variante mit erhöhten P und K-Werten etwas heraus.

Gegenüber der Bodenuntersuchung 1989 stiegen damit die K-Konzentrationen um durchschnittlich 7-17 mg in den einzelnen Varianten. Die P-Konzentration wurde maximal um 8 mg angehoben, in einigen Varianten sank sie auch leicht. Die Mg-Konzentrationen stiegen minimal (+ 0,5 mg/100g), der pH-Wert sank durchschnittlich um 0,2.

Tab. 9: Mittelwerte \pm SF (P_2O_5 , K_2O , MgO in mg/100g Boden) nach der CAL-Bodenuntersuchung 1996 (0-30 cm) sowie die Grenzdifferenz (GD) in den 12 Düngevarianten. Die zu Wein ausgebauten Varianten sind fettgedruckt.

	P_2O_5 (mg/100g)	K_2O (mg/100g)	MgO (mg/100g)	pH
0/0	28 \pm 5	26 \pm 3	9 \pm 1	7,4 \pm 0,1
0/30	30 \pm 2	30 \pm 5	10 \pm 1	7,4 \pm 0,1
30/0	29 \pm 6	27 \pm 5	9 \pm 0	7,5 \pm 0,0
0/60	24 \pm 5	24 \pm 6	9 \pm 0	7,5 \pm 0,1
30/30	27 \pm 3	24 \pm 2	8 \pm 0	7,3 \pm 0,1
60/0	30 \pm 7	26 \pm 4	8 \pm 0	7,5 \pm 0,0
30/60	28 \pm 8	26 \pm 5	9 \pm 1	7,4 \pm 0,1
60/30	27 \pm 4	25 \pm 3	8 \pm 1	7,5 \pm 0,0
90/0	34 \pm 7	33 \pm 7	8 \pm 0	7,5 \pm 0,0
60/60	38 \pm 7	40 \pm 9	9 \pm 1	7,5 \pm 0,0
90/30	25 \pm 7	25 \pm 3	8 \pm 1	7,5 \pm 0,1
90/60	28 \pm 6	29 \pm 6	8 \pm 0	7,5 \pm 0,1
GD	15,8	11,7	1,5	0,2

4.1.2 Humus

Die Humusgehalte im Boden schwankten 1998 zwischen 0,55 und 2,25%. 1996 wurden Werte zwischen 0,64 und 2,41% gemessen und 1999 betragen die Humusgehalte 0,9-2,1%. Zu Versuchsbeginn (1989) lag die 30 kg N/ha-Variante mit durchschnittlich 1,65% Humus etwas über den anderen Versuchsvarianten, die zwischen 1,09% (150 kg N/ha-Variante) und 1,32% (60 kg N/ha-Variante) lagen. Bei der Verteilung im Versuchsfeld fanden sich in der Tendenz in den obersten Parzellen etwas höhere Werte. Bis zum Versuchsende wurde in nahezu allen Varianten im Durchschnitt eine leichte Steigerung des Humusgehaltes festgestellt. In der 30 kg N/ha-Variante nahm der Humus dagegen leicht ab. Während die Steigerung des Humusgehaltes in der Nullvariante um 0,1 Prozentpunkte erfolgte, lagen die Steigerungen in den anderen Varianten bei 0,2 (60 kg N/ha-Variante), 0,35 (90 kg N/ha) und 0,3 (150 kg N/ha). Eine hohe N-Düngung führte nicht in jedem Fall zu deutlich höheren Humusgehalten, wie die 30/30 kg N/ha-Variante (+ 0,03%) und die 60/60 kg N/ha-Variante (+ 0,2%) zeigen.

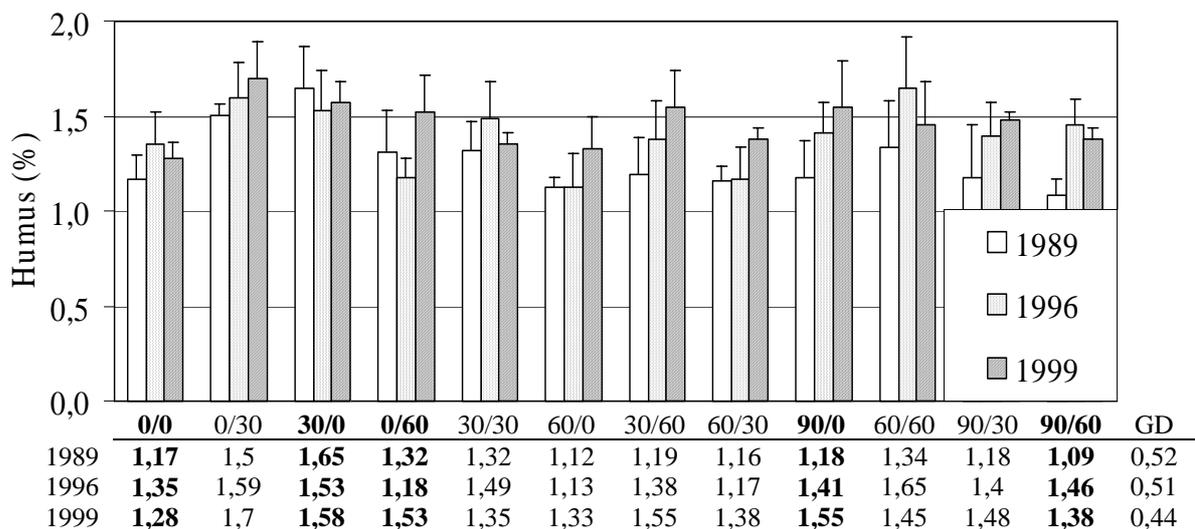


Abb. 2: Mittelwerte der Humusgehalte (%) im Boden (0-30 cm) aller Düngewarianten sowie die Grenzdifferenz (GD) in den Jahren 1989, 1996 und 1999. Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Vinifizierte Varianten sind fettgedruckt.

4.1.3 Räumliche Verteilung der chemischen Bodenparameter

Die P- und K-Konzentrationen streuten nicht gleichmäßig über die Versuchsfläche. Im oberen Teil der Fläche fanden sich P-Konzentrationen zwischen 30 und 55 mg. Im Hangfuß lagen die Werte in der Regel unter 30 mg/100g, in einem Streifen sogar unter 15 mg/100g. Für die K-Konzentration gilt entsprechendes: Die obersten Parzellen hatten zwischen 30 und 62 mg/100g, in den Parzellen der unteren Hälfte lagen die Konzentrationen deutlich unter 30 mg/100g. Die P- und K-Konzentrationen im Boden korrelierten mit $r^2 = 0,79$ sehr stark miteinander. Die Karbonatgehalte waren im rechten Teil der Versuchsfläche etwas höher als im Rest. Die dargestellte P-, K- und CO₂-Verteilung im Boden ist bei allen Bodenuntersuchungen (1989, 1996, 1999) gleich geblieben, die Humuswerte streuten dagegen zwischen den Untersuchungsterminen recht stark, im Mittel aller Termine kristallisierten sich ebenfalls leicht höhere Werte am Hangkopf heraus.

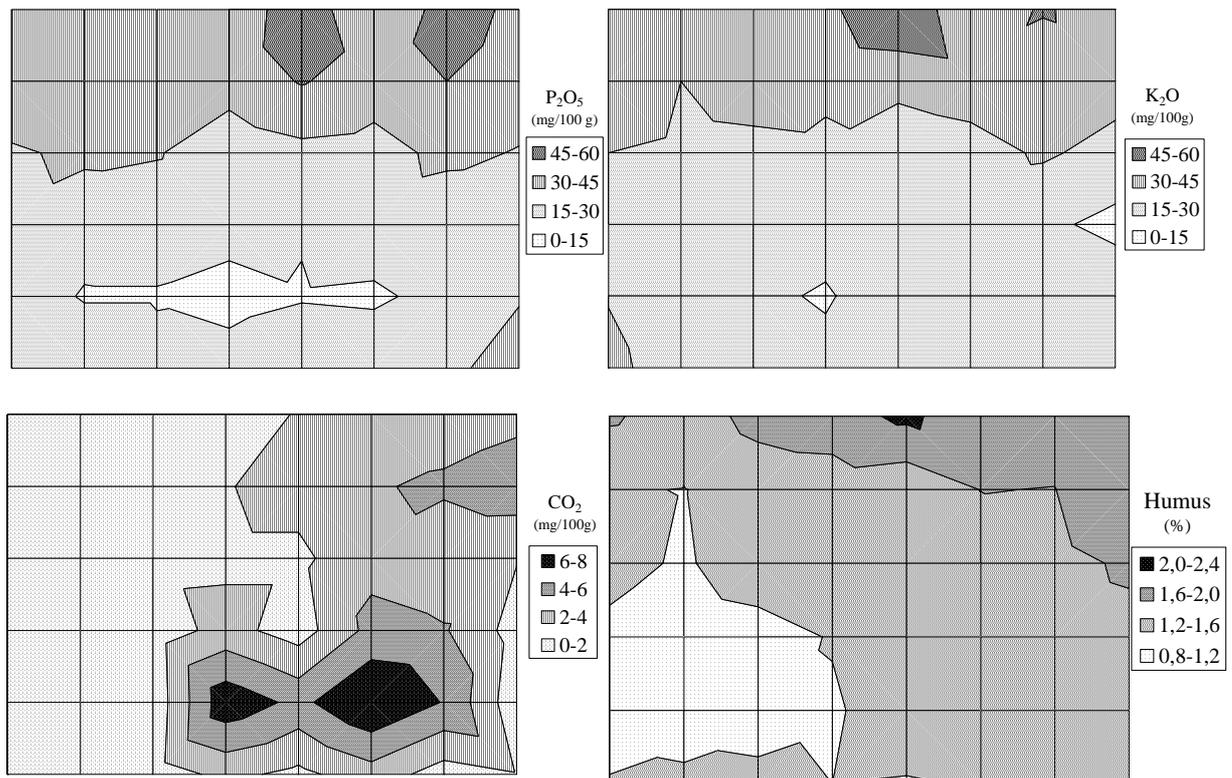


Abb. 3: Räumliche Verteilung der chem. Bodenparameter in der obersten Bodenschicht (0-30 cm) von P₂O₅, K₂O, CO₂ (mg/100g Boden) aus dem Jahr 1989, sowie von Humus (%) im Mittel der Untersuchungsjahre 1989, 1996 und 1999. Die dargestellten Bodenkarten des Versuchsfields sind wie in Abb.1 orientiert. Die Kreuzungspunkte entsprechen dabei den gemessenen Werten in den Parzellen, die Zwischenräume sind interpoliert.

4.1.4 N_{\min}

Im Jahr 1996 wurden die höchsten N_{\min} -Werte festgestellt, gefolgt von den Jahren 1994 und 1995. Das Niveau in den übrigen Jahren lag dagegen etwas tiefer. Die N_{\min} -Werte zeigten einen typischen Jahresverlauf mit Tiefstwerten im Winter und Höchstwerten nach Reifebeginn. Dabei lag der Gipfel in den Varianten ohne Düngetermin zur Blüte (00/00, 30/00 und 90/00 kg N/ha) in der Regel schon beim Reifebeginn, während er in den anderen beiden Varianten (00/60 und 90/60 kg N/ha) einen Probenahmetermin später vorlag. Erwartungsgemäß stieg die N_{\min} -Konzentration bei einer N-Düngung gegenüber der ungedüngten Variante an. Im Mittel über alle Probenahmetermine gilt dies auch für die gedüngten Varianten. Innerhalb eines Jahrgangs war es jedoch nur 1994 der Fall. Durch den früheren Gipfel der 30 und 90 kg N/ha-Varianten lagen diese zu Reifebeginn in allen anderen Jahren über den höher gedüngten 60 bzw. 150 kg N/ha-Varianten. Im Sommer bzw. zur Lese stiegen die N_{\min} -Konzentrationen wieder nahezu kontinuierlich mit zunehmender N-Düngung an. Dadurch waren die Mittelwerte der 90 und 150 bzw. der 30 und 60 kg N/ha-Varianten in den Jahren 1996-1999 gleich. Die Gipfel der N_{\min} -Konzentrationen in der ungedüngten Variante lagen zwischen 20 und 60 kg N/ha. Die Höchstwerte in der 30 kg N/ha-Variante lagen zwischen 50 und 120 kg N/ha. Damit wurde die Konzentration im Durchschnitt um 50 kg N/ha, im Extremfall sogar um 80 kg N/ha (1995) erhöht. In der mit 60 kg N/ha gedüngten Variante wurden die N_{\min} -Konzentrationen 1996-1999 lediglich um 15-30 kg N/ha erhöht, 1994 und 1995 lag diese Variante dagegen um mehr als 100 kg N/ha über der Nullvariante. Die beiden hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) lagen im Durchschnitt 160 kg N/ha über der ungedüngten Variante, im Extremfall betrug die Erhöhung 240 kg N/ha. Die N_{\min} -Konzentration im Oberboden (0-30 cm) war in der Regel höher - bis zu doppelt so hoch - als im Unterboden (30-60 cm). In den Jahren 1997-1999 war dies allerdings in der 30 und der 90 kg N/ha-Variante nicht der Fall, hier waren die Konzentrationen gleich oder sogar im Unterboden höher. In der darunter liegenden Schicht (60-90 cm) waren die Konzentrationen im Durchschnitt nochmals deutlich niedriger. In der Nullvariante betrugen sie unter 5, und maximal 10 kg N/ha. In den 30 und 60 kg N/ha-Varianten lagen der Durchschnitt unter 10 und das Maximum unter 15 kg N/ha. In den hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) lag die N_{\min} -Konzentration in dieser Tiefe bei 20 kg N/ha mit Spitzenwerten über 40 kg N/ha. Die Höchstwerte im Jahresverlauf wurden im Ober- und Unterboden zur selben Zeit beobachtet. Die Konzentration in der tieferen Bodenschicht von 60 - 90 cm hatte ihren Gipfelpunkt bei den hochgedüngten Varianten aber versetzt. Die Höchstwerte traten hier im Spätherbst auf, im Ober- und Unterboden waren die Konzentrationen zu diesem Zeitpunkt minimal. Infolgedessen wurden in dieser Zeit zunehmende N_{\min} -Konzentrationen mit zunehmender Bodentiefe gefunden. Im Januar 1995 fiel die N_{\min} -Konzentration in 150 cm Tiefe wieder stark ab. Im weiteren Verlauf bis zu Bodentiefen von 8 m waren die Düngevarianten nicht einheitlich. In den 0 und 30 kg N/ha-Varianten nahmen die Konzentrationen ab 6 m Tiefe wieder stark von 10 kg N/ha auf 40 bzw. 20 kg N/ha zu. Die N_{\min} -Konzentration in der 60 kg N/ha-Variante blieb dagegen unter 10 kg N/ha. In der 90 kg N/ha-Variante nahm die Konzentration schon in 4 m Tiefe von 10 auf 25 kg N/ha zu und blieb dann in dieser Höhe, während die Konzentration in der 150 kg N/ha-Variante von einem zweiten Gipfel in 3 m Tiefe von 35 kg auf 10 kg N/ha fiel.

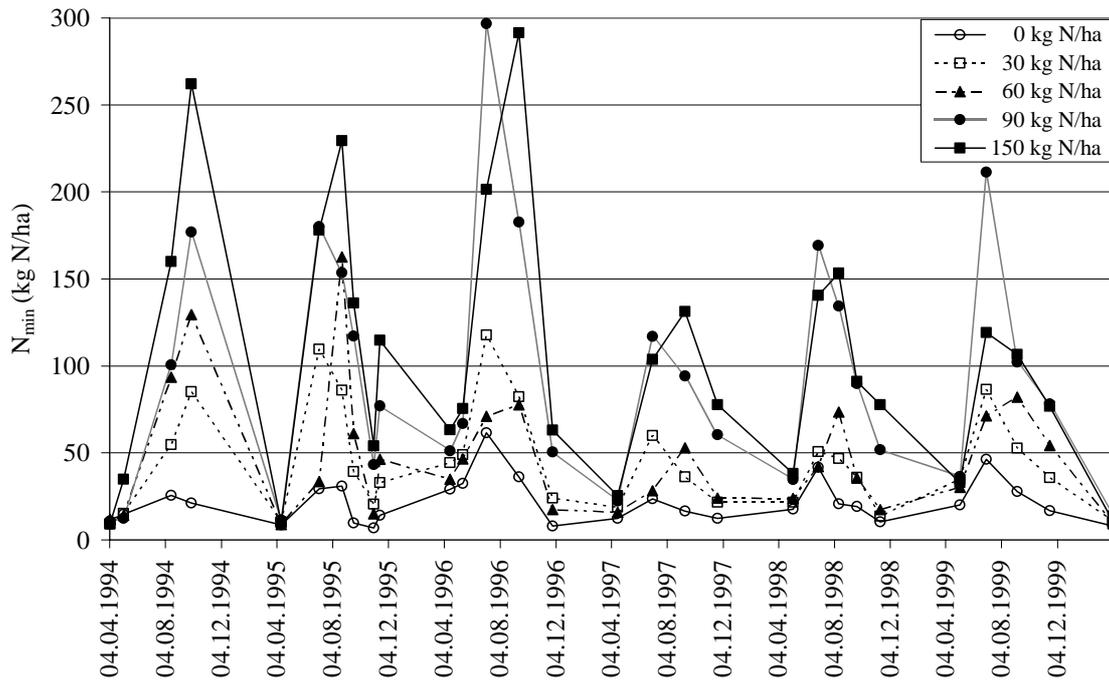


Abb. 4: N_{min} (kg N/ha in 0-90 cm Bodentiefe) im Mittel der vier Parzellen der N-Düngung (0-150 kg N/ha/Jahr) im Jahresverlauf 1994-2000. (Beprobungstermine: Austrieb, Blüte, Reifebeginn, Sommer, Lese, Winter).

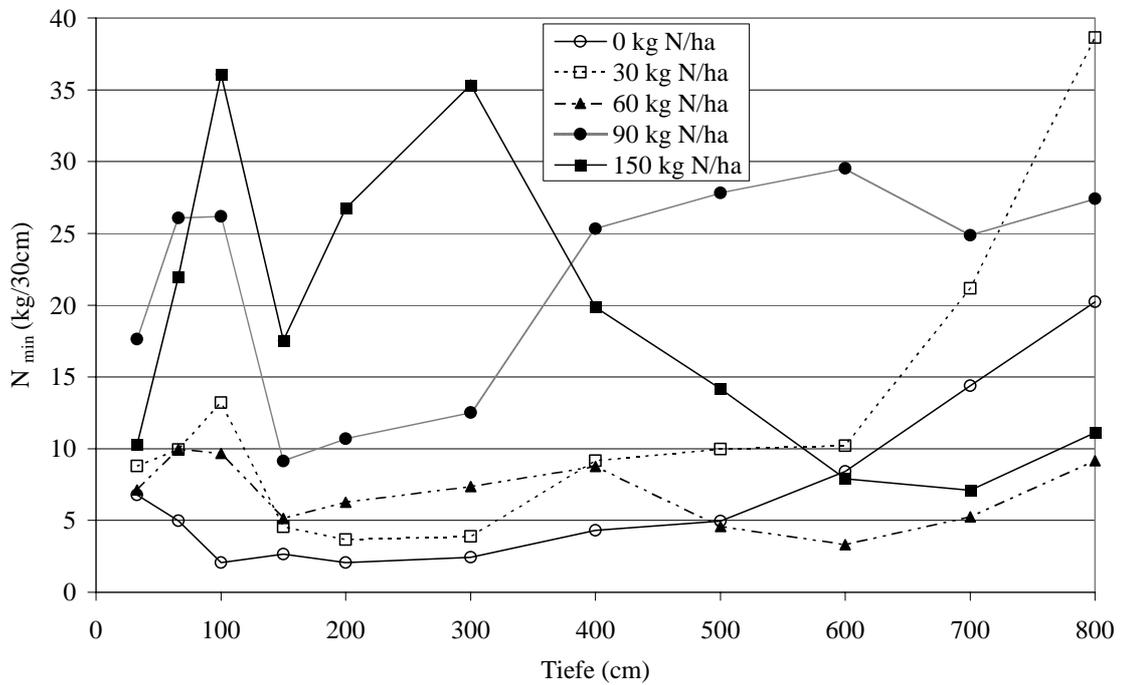


Abb. 5: N_{min} (kg N/ha) in 0-800 cm Bodentiefe im Mittel der vier Parzellen der N-Düngung (0-150 kg N/ha/Jahr) im Januar 1995.

4.1.5 Bodenwasser

Bodenfeuchtwerte unter 8 gew% wurden in den Jahren 1994, 1996 und 1997 beobachtet, wobei die tiefsten Werte 1996 und 1997 erst zur Lese erreicht wurden. Die mit deutlichem Abstand niedrigsten Durchschnittswerte in der Phase Reifebeginn bis 60°Oe (Sink 2) gab es 1994 mit 8,8 gew%. Es folgten die Jahre 1995, 1998 und 1999 mit 10,5% Bodenwasser. In den oberen Bodenschichten lag die Bodenfeuchte während dieser Phase niedriger als im Untergrund, vor allem am Hangfuß fanden sich in den Jahren 1995, 1996 und 1998 deutlich höhere Wassergehalte in der tieferen Bodenschicht.

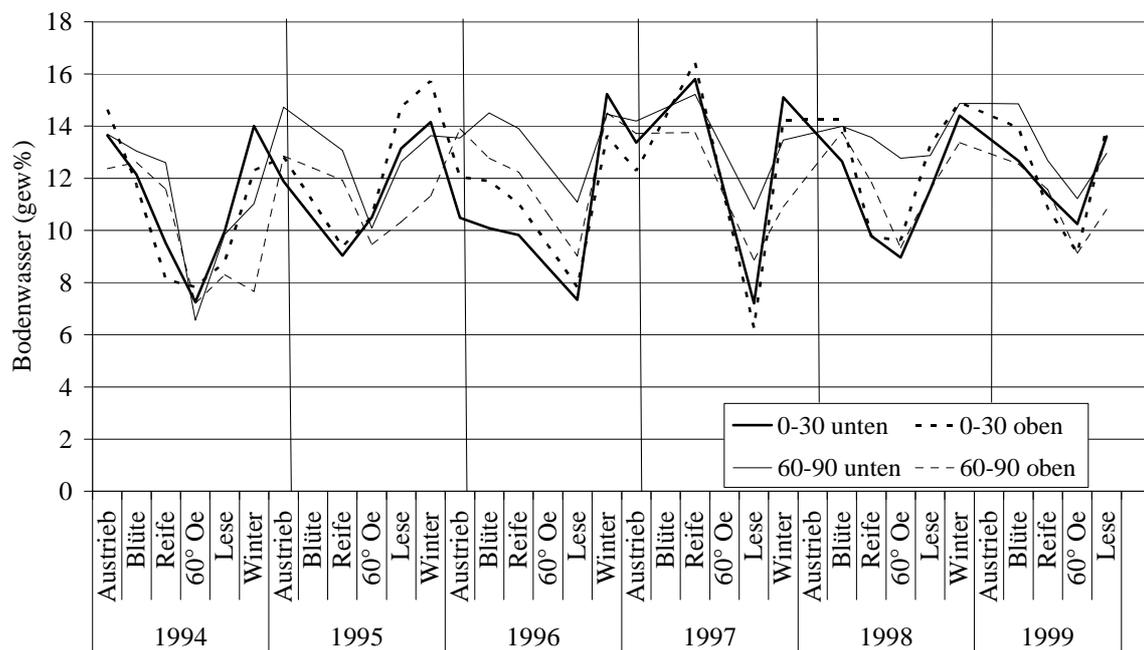


Abb. 6: Bodenwasser (gew%), in Abhängigkeit der Bodentiefe (0-30 cm bzw. 60-90 cm), unterteilt nach Hangfuß („unten“) und Hangkopf („oben“).

4.2 Vegetative Organe

4.2.1 Vegetative Ertragsleistung

Das Schnittholzgewicht im Winter wurde in den Jahren 1996/1997 bis 1998/1999 bestimmt. Die geringste Holzernte wurde 1998 (20,3) festgestellt. Im Jahr 1997/1998 war sie am höchsten (25,7). In der ungedüngten Variante lagen die Schnittholzgewichte in allen Jahren ca. 25% unter den gedüngten Varianten. Die 30 kg N/ha-Variante lag mit 5% niedrigerem Schnittholzgewicht nur leicht unter dem Durchschnitt der gedüngten Varianten. Eine weitere Differenzierung zwischen den gedüngten Varianten war nicht möglich. Der Trockensubstanzanteil betrug zwischen 51,5% (1997/98) und 57,4% (1998/99), wobei tendenziell die hochgedüngten Varianten etwas weniger enthielten. Der Durchmesser der einjährigen Ruten bestätigte das Ergebnis des Schnittholzgewichtes: Die Varianten mit 60-150 kg N/ha wiesen ca. 1 cm Durchmesser auf, die Nullvariante dagegen lediglich 0,9 cm und die 30 kg N/ha-Variante lag dazwischen. Die Trieblänge war in den 90 und 150 kg N/ha-Varianten erhöht, die Augenzahl in diesem Jahr allerdings nicht, so daß die Internodienlänge in den hochgedüngten Varianten größer war. Die Blattfläche pro Blatt war in der Nullvariante im Jahr 1998 deutlich niedriger. Die Blätter der ungedüngten Variante waren um 18% kleiner als in den gedüngten Varianten. In diesem Jahr fand sich in der Nullvariante aber eine höhere Augenzahl, so daß die entsprechenden Unterschiede in der Gesamtblattfläche (ohne Geiztriebe) nur noch 12% ausmachten.

Tab. 10: Schnittholzgewicht kg FS/ar \pm SF aus den Versuchsjahren 1996-1998.

	96/97	97/98	98/99
0 kg N/ha	17,1 \pm 0,7 a	19,8 \pm 0,6 a	16,7 \pm 0,4 a
30 kg N/ha	22,6 \pm 1,6 b	25,4 \pm 2,1 b	20,7 \pm 1,7 b
60 kg N/ha	22,6 \pm 1,5 b	28,0 \pm 1,4 b	22,3 \pm 0,5 b
90 kg N/ha	25,1 \pm 1,7 b	27,8 \pm 1,5 b	21,0 \pm 0,8 b
150 kg N/ha	23,7 \pm 2,2 b	27,4 \pm 2,8 b	20,6 \pm 1,6 b

Tab. 11: Durchmesser des Schnittholzes (cm), Trieblänge (cm) und Augenzahl \pm SF im Winter 1999/2000.

	Durchmesser (cm)	Trieblänge (cm)	Augen
0 kg N/ha	0,91 \pm 0,01 a	124,1 \pm 1,5	15,1 \pm 0,5
30 kg N/ha	0,95 \pm 0,02 ab	126,6 \pm 2,5	15,1 \pm 0,4
60 kg N/ha	1,02 \pm 0,02 b	125,1 \pm 1,6	14,8 \pm 0,5
90 kg N/ha	1,00 \pm 0,03 b	130,3 \pm 1,5	15,5 \pm 0,6
150 kg N/ha	1,02 \pm 0,03 b	132,8 \pm 5,5	14,9 \pm 0,2

Tab. 12: Durchschnittliche Blattfläche/Blatt in cm² (ohne Geiztriebe) und Augenzahl/Trieb \pm SF im Versuchsjahr 1998.

	Blattfläche/Blatt (cm ²)	Augen
0 kg N/ha	147,4 \pm 5,4 a	15,3 \pm 0,4
30 kg N/ha	177,5 \pm 12,1 ab	14,3 \pm 0,4
60 kg N/ha	182,0 \pm 12,1 b	14,5 \pm 0,5
90 kg N/ha	176,5 \pm 15,8 ab	14,0 \pm 0,5
150 kg N/ha	181,7 \pm 7,1 b	14,4 \pm 0,4

4.2.2 Holzinhaltsstoffe

Die Aminosäureeinlagerung in das einjährige Schnittholz nahm mit der N-Düngung zu. Dabei bestanden 90% der AS im Holz aus Arg, 4% c-ABA, 3% Gln und je 1% Pro und Ala. Während 1998 und 1999 durchschnittlich 26 bzw. 33 mg AS-N/kg TS gefunden wurden, lagen die Werte 1997 mit 8 mg AS-N/kg TS deutlich darunter. Auch bei der Konzentration an Gesamt-N im Holz fiel das Jahr 1997 mit unterdurchschnittlichen Werten auf. Der Jahresdurchschnitt lag bei 0,54% N in TS. 1996 waren die Holz-N-Konzentrationen mit 0,72% am höchsten, die übrigen Jahre lagen nahe beisammen (0,62-0,64%). Mit zunehmender N-Düngung nahm die N-Einlagerung in das Holz zu. Im Mittel lag der N-Gehalt in der Nullvariante 10% unter der 60 kg N/ha-Variante und 15% unter der 150 kg N/ha-Variante. Der Jahrgangseffekt auf die P-Konzentration im Holz unterschied sich von dem der N-Einlagerung. Hier fanden sich die höchsten Werte in den ersten drei Versuchsjahren. Mit zunehmender N-Düngung nahmen die Konzentrationen an P deutlich ab. Gegenüber der ungedüngten Variante lagen die Werte aus der 30 kg N/ha-Düngestufe um 12% niedriger, die 60 kg N/ha-Variante war durchschnittlich 15% und die hochgedüngten Varianten waren über 20% niedriger. Die übrigen Mineralstoffe zeigten keinen Düngungseinfluß. Auffällig war dagegen der Jahrgangseinfluß auf die Zn-Konzentrationen. Die Werte sanken von 70 mg/kg zu Versuchsbeginn auf 40-50 mg/kg in den letzten beiden Jahren.

Tab. 13: Gesamt-AS (mg AS-N/kg TS) \pm SF im einjährigen Schnittholz der Jahre 1997-1999.

	1997	1998	1999
0 kg N/ha	3,6 \pm 0,7 a	21,3 \pm 2,7 a	21,4 \pm 4,8
30 kg N/ha	3,9 \pm 1,0 a	27,4 \pm 5,9 ab	28,2 \pm 10,4
60 kg N/ha	7,4 \pm 3,6 ab	27,0 \pm 1,4 ab	24,2 \pm 3,4
90 kg N/ha	7,3 \pm 3,2 ab	23,8 \pm 1,3 ab	44,3 \pm 10,1
150 kg N/ha	16,6 \pm 6,5 b	32,3 \pm 3,5 b	47,0 \pm 12,9

Tab. 14: Konzentration an Mineralstoffen und N im Holz \pm SF in Abhängigkeit von der N-Düngung bei N und P, bzw. im Jahrgangsmittel bei K, Mg, Ca, Fe, Zn, Mn, Cu. (Spurenelemente Fe, Zn, Mn, Cu: mg/kg TS, übrige Inhaltsstoffe N, P, K, Mg, Ca in % in TS). Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Mittel
N	0	0,58 $\pm 0,013$ a	0,57 $\pm 0,026$ a	0,64 $\pm 0,014$ a	0,48 $\pm 0,048$ a	0,59 $\pm 0,012$ a	0,59 $\pm 0,021$ a	0,57 $\pm 0,022$ a
	30	0,65 $\pm 0,014$ b	0,61 $\pm 0,029$ ab	0,72 $\pm 0,018$ b	0,49 $\pm 0,037$ a	0,62 $\pm 0,005$ ab	0,62 $\pm 0,030$ ab	0,62 $\pm 0,022$ b
	60	0,64 $\pm 0,016$ b	0,63 $\pm 0,024$ ab	0,75 $\pm 0,029$ b	0,50 $\pm 0,038$ ab	0,63 $\pm 0,015$ b	0,63 $\pm 0,019$ ab	0,63 $\pm 0,023$ bc
	90	0,66 $\pm 0,032$ b	0,63 $\pm 0,023$ ab	0,73 $\pm 0,029$ b	0,63 $\pm 0,010$ c	0,62 $\pm 0,018$ ab	0,67 $\pm 0,015$ b	0,66 $\pm 0,021$ cd
	150	0,67 $\pm 0,022$ b	0,66 $\pm 0,014$ b	0,76 $\pm 0,030$ b	0,61 $\pm 0,028$ bc	0,65 $\pm 0,008$ b	0,68 $\pm 0,023$ b	0,67 $\pm 0,021$ d
	P	0	0,13 $\pm 0,002$ c	0,14 $\pm 0,009$ c	0,14 $\pm 0,005$ c	0,11 $\pm 0,004$ b	0,11 $\pm 0,005$ c	0,11 $\pm 0,001$ b
30		0,11 $\pm 0,006$ b	0,12 $\pm 0,007$ bc	0,12 $\pm 0,005$ bc	0,09 $\pm 0,004$ a	0,09 $\pm 0,004$ ab	0,10 $\pm 0,004$ a	0,11 $\pm 0,005$ b
60		0,11 $\pm 0,003$ b	0,11 $\pm 0,006$ ab	0,11 $\pm 0,003$ ab	0,09 $\pm 0,004$ a	0,11 $\pm 0,004$ bc	0,10 $\pm 0,002$ a	0,10 $\pm 0,003$ b
90		0,09 $\pm 0,003$ a	0,11 $\pm 0,003$ a	0,11 $\pm 0,008$ a	0,09 $\pm 0,002$ a	0,09 $\pm 0,003$ a	0,09 $\pm 0,002$ a	0,10 $\pm 0,004$ a
150		0,10 $\pm 0,003$ a	0,11 $\pm 0,002$ ab	0,10 $\pm 0,007$ ab	0,08 $\pm 0,006$ a	0,10 $\pm 0,002$ ab	0,09 $\pm 0,003$ a	0,10 $\pm 0,003$ a
K		\emptyset	0,64 $\pm 0,017$	0,81 $\pm 0,024$	0,66 $\pm 0,017$	0,75 $\pm 0,028$	0,72 $\pm 0,008$	0,70 $\pm 0,010$
Mg	\emptyset	0,10 $\pm 0,002$	0,13 $\pm 0,008$	0,09 $\pm 0,003$	0,11 $\pm 0,007$	0,09 $\pm 0,002$	0,10 $\pm 0,002$	0,10 $\pm 0,006$
Ca	\emptyset	0,67 $\pm 0,019$	0,83 $\pm 0,045$	0,63 $\pm 0,012$	0,76 $\pm 0,058$	0,60 $\pm 0,008$	0,73 $\pm 0,009$	0,70 $\pm 0,034$
Fe	\emptyset	26,63 $\pm 1,230$	54,78 $\pm 7,432$	61,45 $\pm 9,089$	76,80 $\pm 9,389$	55,10 $\pm 2,233$	43,23 $\pm 3,548$	53,00 $\pm 6,920$
Zn	\emptyset	70,25 $\pm 3,135$	58,03 $\pm 4,248$	46,45 $\pm 3,828$	38,78 $\pm 2,135$	48,00 $\pm 0,688$	40,25 $\pm 0,695$	50,29 $\pm 4,870$
Mn	\emptyset	15,45 $\pm 0,344$	15,88 $\pm 0,899$	14,50 $\pm 0,401$	15,25 $\pm 1,005$	14,73 $\pm 0,547$	15,68 $\pm 0,850$	15,25 $\pm 0,220$
Cu	\emptyset	8,20 $\pm 0,184$	8,53 $\pm 0,394$	8,60 $\pm 0,139$	8,40 $\pm 0,203$	8,65 $\pm 0,127$	8,13 $\pm 0,265$	8,42 $\pm 0,088$

4.2.3 Blattinhaltsstoffe

4.2.3.1 Stickstoff

Jahrgangseffekt

Der Einfluß des Jahrgangs auf die N-Konzentration im Blatt machte je nach Zeitpunkt der Probenahme zwischen 35% (Reifebeginn) und 52% (Blüte) aus. Zur Blüte fanden sich 1994 die höchsten Werte (2,95%) gefolgt von 1996 und 1997. Die niedrigste Konzentration zu diesem Probetermin wurde 1995 (2,39%) verzeichnet. Im Vegetationsverlauf nahm die Konzentration dann kontinuierlich ab (mit Ausnahme des Jahres 1994). Zum Reifebeginn war die höchste Konzentration 1996 und 1999 (2,22%), die niedrigste Konzentration fand sich 1994 (1,77%). Zur Lese lagen die Mittelwerte zwischen 1,51% (1996) und 2,14% (1999).

Düngungseffekt

Die N-Düngung beeinflusste die N-Konzentration im Blatt zu 20% (Blüte) bis 35% (Reifebeginn). Zu jedem Probetermin nahm die Konzentration mit der Düngung zu, so daß sich im Mittel der Jahre die Nullvariante von allen anderen Varianten und die 30 und 60 kg N/ha-Varianten von den 90 und 150 kg N/ha-Varianten unterschieden. Innerhalb der Jahre war nicht immer eine Zunahme der N-Konzentration mit höherer Düngung gegeben. So lagen die Mittelwerte der 30 kg N/ha-Variante oft über denen der 60 kg N/ha-Variante und die der 90 kg N/ha-Variante über denen der 150 kg N/ha-Variante.

Tab. 15: Mittlere N-Blattkonzentration (% in TS) \pm SF in den Düngevarianten (0-150 kg N/ha) zu den drei Probenahmetermen Blüte, Reifebeginn und Lese in den Jahren 1994-1999. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Blüte	0	2,67 \pm 0,09 a	2,23 \pm 0,04 a	2,61 \pm 0,09 a	2,64 \pm 0,11 a	2,66 \pm 0,03 a	2,79 \pm 0,04 a
	30	2,94 \pm 0,06 b	2,34 \pm 0,10 a	2,90 \pm 0,06 bc	2,90 \pm 0,08 bc	2,80 \pm 0,07 ab	2,94 \pm 0,12 ab
	60	2,80 \pm 0,06 b	2,34 \pm 0,06 a	2,78 \pm 0,06 ab	2,79 \pm 0,09 ab	2,85 \pm 0,03 b	3,00 \pm 0,03 b
	90	3,10 \pm 0,07 c	2,62 \pm 0,06 b	3,03 \pm 0,11 c	3,09 \pm 0,06 c	2,90 \pm 0,05 b	3,03 \pm 0,07 b
	150	3,00 \pm 0,01 c	2,40 \pm 0,07 ab	2,96 \pm 0,06 bc	3,08 \pm 0,06 c	2,89 \pm 0,05 b	2,99 \pm 0,10 b
Reife	0	1,54 \pm 0,06 a	1,90 \pm 0,06 a	1,81 \pm 0,07 a	1,79 \pm 0,07 a	1,95 \pm 0,04 a	2,04 \pm 0,08 a
	30	1,79 \pm 0,17 bc	2,13 \pm 0,08 b	2,12 \pm 0,05 b	2,02 \pm 0,13 b	2,15 \pm 0,09 b	2,16 \pm 0,11 ab
	60	1,70 \pm 0,03 ab	2,14 \pm 0,03 b	2,24 \pm 0,08 bc	2,03 \pm 0,04 b	2,24 \pm 0,06 bc	2,16 \pm 0,05 ab
	90	1,96 \pm 0,04 c	2,18 \pm 0,03 b	2,50 \pm 0,11 d	2,24 \pm 0,04 c	2,36 \pm 0,11 c	2,38 \pm 0,07 b
	150	1,87 \pm 0,07 bc	2,20 \pm 0,03 b	2,44 \pm 0,04 cd	2,31 \pm 0,03 c	2,27 \pm 0,03 bc	2,38 \pm 0,04 b
Lese	0	1,60 \pm 0,04 a	1,75 \pm 0,05 a	1,20 \pm 0,07 a	1,57 \pm 0,03 a	1,75 \pm 0,09 a	1,93 \pm 0,05 a
	30	1,78 \pm 0,08 bc	1,85 \pm 0,10 ab	1,42 \pm 0,11 b	1,79 \pm 0,09 b	1,89 \pm 0,08 abc	2,11 \pm 0,04 b
	60	1,73 \pm 0,03 ab	2,01 \pm 0,07 b	1,48 \pm 0,05 bc	1,73 \pm 0,05 ab	1,80 \pm 0,10 ab	2,10 \pm 0,03 ab
	90	2,00 \pm 0,05 c	1,99 \pm 0,04 b	1,66 \pm 0,06 cd	1,97 \pm 0,07 c	1,98 \pm 0,07 bc	2,29 \pm 0,06 c
	150	1,93 \pm 0,08 bc	1,96 \pm 0,17 ab	1,80 \pm 0,06 d	2,02 \pm 0,05 c	2,05 \pm 0,04 c	2,28 \pm 0,08 c

4.2.3.2 Phosphor

Jahrgangseffekt

Der Einfluß des Jahrgangs auf die P-Konzentration im Blatt betrug zur Blüte 14% und sank danach auf 9%. Von der Blüte bis zum Reifebeginn nahm die Konzentration stark ab, im folgenden fand sich nur noch eine geringe Abnahme, in einigen Fällen sogar eine Zunahme (vor allem 1995). Zur Blüte waren die Konzentrationen 1997 (0,28%) am höchsten, gefolgt vom Jahr 1996 (0,27%). Die niedrigsten Konzentrationen wurden 1998 verzeichnet (0,22%). Zum Reifebeginn waren die höchsten Konzentrationen 1996 (0,19%), die niedrigsten 1994 (0,15%). Zum letzten Probetermin hebt sich das Jahr 1995 mit 0,18% gegenüber den anderen Jahren mit 0,14-0,15% etwas heraus.

Düngungseffekt

Die N-Düngung beeinflusste die P-Konzentration zwischen 50% (Blüte) und 70% (Reifebeginn). Die Konzentration nahm zu allen Probeterminen deutlich mit der Düngung ab. Im Mittel der Jahre lag die Nullvariante zu allen Probeterminen signifikant über den gedüngten Varianten. Weiterhin unterschieden sich die 30 und 60 kg N/ha-Varianten von den 90 und 150 kg N/ha-Varianten. Mit wenigen Ausnahmen sank die P-Konzentration mit jeder zusätzlichen Düngungsgabe. Insbesondere die Nullvariante unterschied sich aber deutlich von den gedüngten Varianten, während diese nahe zusammen lagen und sich selten signifikant unterschieden.

Tab. 16: Mittlere P-Blattkonzentration (% in TS) \pm SF in den Düngevarianten (0-150 kg N/ha) zu den drei Probenahmeterminen Blüte, Reifebeginn und Lese in den Jahren 1994-1999. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Blüte	0	0,33 \pm 0,02 c	0,32 \pm 0,02 d	0,31 \pm 0,01 b	0,37 \pm 0,02 b	0,27 \pm 0,04 b	0,32 \pm 0,01 b
	30	0,26 \pm 0,02 b	0,23 \pm 0,02 b	0,26 \pm 0,01 a	0,29 \pm 0,02 a	0,23 \pm 0,02 ab	0,29 \pm 0,02 b
	60	0,24 \pm 0,01 ab	0,27 \pm 0,01 c	0,27 \pm 0,01 a	0,27 \pm 0,02 a	0,21 \pm 0,01 ab	0,23 \pm 0,01 a
	90	0,23 \pm 0,02 ab	0,20 \pm 0,01 ab	0,25 \pm 0,01 a	0,24 \pm 0,01 a	0,20 \pm 0,01 a	0,22 \pm 0,01 a
	150	0,21 \pm 0,01 a	0,18 \pm 0,01 a	0,24 \pm 0,01 a	0,24 \pm 0,02 a	0,19 \pm 0,01 a	0,21 \pm 0,01 a
Reife	0	0,19 \pm 0,01 c	0,25 \pm 0,03 b	0,27 \pm 0,02 b	0,22 \pm 0,02 b	0,23 \pm 0,01 b	0,24 \pm 0,01 c
	30	0,15 \pm 0,01 b	0,16 \pm 0,01 a	0,18 \pm 0,01 a	0,15 \pm 0,01 a	0,16 \pm 0,01 a	0,16 \pm 0,01 b
	60	0,14 \pm 0,00 ab	0,17 \pm 0,00 a	0,16 \pm 0,00 a	0,16 \pm 0,01 a	0,15 \pm 0,00 a	0,15 \pm 0,00 ab
	90	0,13 \pm 0,01 ab	0,15 \pm 0,01 a	0,16 \pm 0,01 a	0,14 \pm 0,00 a	0,15 \pm 0,00 a	0,15 \pm 0,00 a
	150	0,12 \pm 0,00 a	0,14 \pm 0,01 a	0,15 \pm 0,00 a	0,13 \pm 0,00 a	0,14 \pm 0,00 a	0,15 \pm 0,00 a
Lese	0	0,19 \pm 0,01 c	0,26 \pm 0,02 c	0,21 \pm 0,02 b	0,22 \pm 0,03 b	0,19 \pm 0,02 b	0,23 \pm 0,02 c
	30	0,14 \pm 0,01 b	0,17 \pm 0,01 b	0,14 \pm 0,01 a	0,14 \pm 0,01 a	0,15 \pm 0,01 a	0,16 \pm 0,01 b
	60	0,13 \pm 0,00 ab	0,17 \pm 0,01 ab	0,12 \pm 0,01 a	0,14 \pm 0,01 a	0,17 \pm 0,03 b	0,15 \pm 0,00 ab
	90	0,12 \pm 0,01 ab	0,15 \pm 0,00 a	0,12 \pm 0,00 a	0,13 \pm 0,00 a	0,13 \pm 0,00 a	0,14 \pm 0,00 a
	150	0,12 \pm 0,01 a	0,15 \pm 0,00 a	0,12 \pm 0,00 a	0,12 \pm 0,00 a	0,13 \pm 0,00 a	0,13 \pm 0,00 a

4.2.3.3 Kalium

Jahrgangseffekt

Der Jahrgangseinfluß auf die K-Konzentration im Blatt betrug zwischen 8 und 18%. Im Regelfall fand sich eine Abnahme der Konzentration von der Blüte bis zur Lese. Zur Blüte lagen die Konzentrationen zwischen 1,09% (1995) und 1,26% (1997). Zum Reifebeginn fanden sich 0,95% (1994) bis 1,11% (1996 und 1998) und zur Lese 0,67% (1994) bis 0,94% (1999).

Düngungseffekt

Die K-Konzentration wurde durch die N-Düngung je nach Probetermin zu 10-17% beeinflusst. Im Mittel nahm die Konzentration im Blatt mit steigender Düngung ab. Es läßt sich aber nur die 150 kg N/ha-Variante von der 0 und 30 kg N/ha-Variante signifikant unterscheiden. In den Blättern dieser hochgedüngten Variante fanden sich regelmäßig die niedrigsten Werte, während die Nullvariante oftmals nicht die niedrigsten Werte aufwies. Eine kontinuierliche Abnahme der K-Konzentration mit der Düngung fand sich selten, am ehesten war dies zur Lese zu beobachten.

Tab. 17: Mittlere K-Blattkonzentration (% in TS) \pm SF in den Düngevarianten (0-150 kg N/ha) zu den drei Probenahmeterminen Blüte, Reifebeginn und Lese in den Jahren 1994-1999. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Blüte	0	1,25 \pm 0,02	1,18 \pm 0,03	1,10 \pm 0,15	1,31 \pm 0,02	1,25 \pm 0,08	1,31 \pm 0,05 b
	30	1,13 \pm 0,05	1,15 \pm 0,08	1,17 \pm 0,11	1,31 \pm 0,09	1,33 \pm 0,08	1,26 \pm 0,09 a
	60	1,08 \pm 0,05	1,04 \pm 0,04	1,17 \pm 0,03	1,22 \pm 0,07	1,25 \pm 0,06	1,10 \pm 0,06 a
	90	1,12 \pm 0,12	1,80 \pm 0,16	1,12 \pm 0,09	1,29 \pm 0,10	1,30 \pm 0,11	1,21 \pm 0,13 a
	150	1,03 \pm 0,09	1,01 \pm 0,12	1,10 \pm 0,08	1,15 \pm 0,10	1,14 \pm 0,10	1,05 \pm 0,09 a
Reife	0	1,01 \pm 0,01	1,08 \pm 0,03	1,21 \pm 0,03	1,12 \pm 0,03	1,26 \pm 0,04	1,09 \pm 0,03
	30	1,09 \pm 0,12	0,97 \pm 0,07	1,20 \pm 0,10	1,04 \pm 0,12	1,19 \pm 0,08	1,03 \pm 0,10
	60	0,85 \pm 0,06	0,93 \pm 0,05	1,11 \pm 0,07	0,95 \pm 0,09	1,04 \pm 0,05	0,98 \pm 0,04
	90	1,01 \pm 0,19	1,00 \pm 0,12	1,13 \pm 0,17	1,01 \pm 0,23	1,08 \pm 0,17	1,00 \pm 0,12
	150	0,80 \pm 0,13	0,83 \pm 0,10	0,90 \pm 0,11	0,87 \pm 0,12	0,96 \pm 0,08	0,91 \pm 0,07
Lese	0	0,79 \pm 0,07	0,91 \pm 0,03	0,84 \pm 0,07	0,88 \pm 0,04	0,90 \pm 0,07	1,06 \pm 0,06
	30	0,67 \pm 0,11	0,89 \pm 0,06	0,84 \pm 0,09	0,84 \pm 0,09	0,88 \pm 0,09	0,99 \pm 0,14
	60	0,65 \pm 0,09	0,86 \pm 0,04	0,83 \pm 0,05	0,77 \pm 0,07	0,83 \pm 0,04	0,96 \pm 0,10
	90	0,65 \pm 0,14	0,84 \pm 0,07	0,88 \pm 0,17	0,84 \pm 0,13	0,89 \pm 0,09	0,92 \pm 0,14
	150	0,59 \pm 0,09	0,81 \pm 0,07	0,69 \pm 0,10	0,66 \pm 0,09	0,70 \pm 0,06	0,78 \pm 0,08

4.2.3.4 Magnesium

Jahrgangseffekt

Die Mg-Konzentration wurde durch die N-Düngung zwischen 8% (Reifebeginn) und 21% (Lese) beeinflusst. Die Konzentration im Blatt nahm von der Blüte zum Reifebeginn zu, danach nahm sie wieder deutlich ab. Lediglich 1996 konnte zur Lese hin nochmals eine Steigerung festgestellt werden. Zur Blüte lagen die Mg-Konzentrationen zwischen 0,16% (1997) und 0,2% (1996 und 1998). Die höchste Konzentration zum Reifebeginn fand sich 1996 (0,27%) und 1997 (0,24%), während die Konzentration in den anderen Jahren bei 0,21% lag. Zur Lese fanden sich in dem Ausnahmejahr 1996 0,31%. Die Konzentrationen in den anderen Jahren bewegten sich zwischen 0,2% (1995 und 1997) und 0,24% (1999).

Düngungseffekt

Der Einfluß der N-Düngung auf die Mg-Konzentration betrug zwischen 12% (Blüte und Reifebeginn) und 8% (Lese). Im Mittel nahm die Konzentration im Blatt mit der Düngung zu. Zur Blüte unterschied sich die Nullvariante im Mittel signifikant von den gedüngten Varianten, zu den späteren Zeitpunkten nur noch von der 150 kg N/ha-Variante. Zusätzlich ist der Unterschied von der 150 kg N/ha-Variante zur 30 kg N/ha-Variante zu allen Zeitpunkten absicherbar. Häufig ließ sich beobachten, daß insbesondere die Nullvariante und die 150 kg N/ha-Variante sich von den übrigen Varianten deutlich absetzten. Demgegenüber waren die Mittelwerte der 30-90 kg N/ha-Varianten sehr ähnlich oder nahmen sogar mit zunehmender N-Düngung ab.

Tab. 18: Mittlere Mg-Blattkonzentration (% in TS) \pm SF in den Düngevarianten (0-150 kg N/ha) zu den drei Probenahmeterminen Blüte, Reifebeginn und Lese in den Jahren 1994-1999. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Blüte	0	0,15 \pm 0,01	0,15 \pm 0,02	0,16 \pm 0,00 a	0,15 \pm 0,01	0,20 \pm 0,02	0,16 \pm 0,01
	30	0,18 \pm 0,02	0,17 \pm 0,02	0,20 \pm 0,02 b	0,15 \pm 0,02	0,20 \pm 0,02	0,20 \pm 0,02
	60	0,17 \pm 0,03	0,19 \pm 0,02	0,21 \pm 0,01 b	0,16 \pm 0,02	0,18 \pm 0,02	0,20 \pm 0,01
	90	0,17 \pm 0,02	0,19 \pm 0,04	0,22 \pm 0,02 b	0,16 \pm 0,01	0,19 \pm 0,02	0,19 \pm 0,02
	150	0,18 \pm 0,02	0,19 \pm 0,02	0,23 \pm 0,02 b	0,19 \pm 0,02	0,23 \pm 0,03	0,21 \pm 0,02
Reife	0	0,19 \pm 0,02	0,19 \pm 0,03	0,23 \pm 0,03	0,20 \pm 0,02	0,16 \pm 0,02	0,21 \pm 0,02
	30	0,21 \pm 0,04	0,22 \pm 0,03	0,26 \pm 0,04	0,23 \pm 0,04	0,20 \pm 0,04	0,24 \pm 0,05
	60	0,21 \pm 0,03	0,22 \pm 0,03	0,26 \pm 0,04	0,24 \pm 0,03	0,23 \pm 0,03	0,25 \pm 0,03
	90	0,19 \pm 0,04	0,19 \pm 0,04	0,27 \pm 0,05	0,25 \pm 0,06	0,24 \pm 0,06	0,22 \pm 0,04
	150	0,26 \pm 0,04	0,25 \pm 0,03	0,33 \pm 0,04	0,28 \pm 0,04	0,25 \pm 0,04	0,28 \pm 0,04
Lese	0	0,20 \pm 0,02	0,18 \pm 0,02	0,27 \pm 0,03	0,18 \pm 0,03	0,18 \pm 0,03	0,19 \pm 0,02
	30	0,22 \pm 0,04	0,19 \pm 0,03	0,30 \pm 0,05	0,20 \pm 0,04	0,19 \pm 0,04	0,24 \pm 0,05
	60	0,25 \pm 0,06	0,21 \pm 0,03	0,31 \pm 0,04	0,19 \pm 0,03	0,20 \pm 0,04	0,24 \pm 0,04
	90	0,25 \pm 0,09	0,19 \pm 0,03	0,30 \pm 0,05	0,18 \pm 0,04	0,21 \pm 0,03	0,24 \pm 0,05
	150	0,24 \pm 0,04	0,22 \pm 0,02	0,37 \pm 0,05	0,25 \pm 0,03	0,28 \pm 0,04	0,28 \pm 0,04

4.2.3.5 Weitere Mineralstoffe

Der Einfluß des Jahrgangs auf die **Ca**-Konzentration im Blatt betrug zur Blüte 45% und stieg danach auf über 60%. Von der Blüte bis zum Reifebeginn nahm die Konzentration in der Regel deutlich zu, lediglich 1997 wurden Abnahmen beobachtet. Zur Blüte lagen die Ca-Konzentrationen zwischen 1,57% (1997) und 1,96% (1995). Zum Reifebeginn schwankten die Werte zwischen 2,21% (1994), 2,94% (1996) und 1997 (0,24%), während die Konzentration in den anderen Jahren bei 0,21% lag. Zur Lese fanden sich Konzentrationen zwischen 2,64% (1997) und 3,41% (1996).

Ein Einfluß der N-Düngung auf die Ca-Konzentration konnte nicht festgestellt werden.

Der Einfluß des Jahrgangs auf die **Fe**-Konzentration im Blatt betrug zur Blüte 70%, zur Lese noch 40%. Der Jahresverlauf war uneinheitlich. 1996 und 1998 fand sich ein deutlicher Tiefpunkt der Fe-Konzentration zu Reifebeginn. 1995 und 1999 nahm die Konzentration dagegen im Jahresverlauf zu, während sie 1997 abnahm und 1994 gleich blieb. Zur Blüte lagen die Fe-Konzentrationen zwischen 46 mg/kg (1999) und 87 mg/kg (1997). Zum Reifebeginn fanden sich zwischen 55 mg/kg (1996) und 81 mg/kg (1997) und zur Lese zwischen 63 mg/kg (1999) und 87 mg/kg (1994).

Ein Einfluß der N-Düngung auf die Fe-Konzentration konnte nicht festgestellt werden.

Die **Zn**-Konzentration im Blatt wurde unabhängig vom Probestermin zu 90% vom Jahrgang beeinflusst. 1996 und 1998 nahm die Konzentration im Jahresverlauf zu, 1995 und 1997 dagegen ab. Während die Konzentration 1999 nahezu gleich blieb, fand sich 1994 ein deutliches Maximum zu Reifebeginn. Unabhängig von der Probenahme fanden sich 1994 die höchsten Konzentrationen an Zn im Blatt (165-275 mg/kg). Die nächsttieferen Werte fanden sich 1995 (155-145 mg/kg) und 1996 (90-175 mg/kg). Die niedrigsten Konzentrationen fanden sich 1999 (45-60 mg/kg). In den übrigen beiden Jahren verlief die Konzentration zwischen 115-75 mg/kg (1997) bzw. von 60-110 mg/kg (1998). In der Tendenz nahm der Zn-Gehalt über die Jahre hin ab.

Ein Einfluß der N-Düngung auf die Zn-Konzentration konnte nicht festgestellt werden.

Die **Mn**-Konzentration im Blatt variierte umso stärker, je später der Probestermin stattfand. Zur Blüte wurde die Konzentration lediglich zu 9% vom Jahrgang beeinflusst, die Konzentrationen lagen zwischen 35 und 40 mg/kg. Zum Reifebeginn lag der Jahrgangseinfluß bei 70%. Die Mn-Konzentrationen lagen 1994 am niedrigsten (38 mg/kg) und waren vor allem in den Jahren 1998 und 1999 mit 63 mg/kg und 89 mg/kg erhöht. Dies konnte ebenfalls zur Lese beobachtet werden. Der niedrigste Durchschnittswert fand sich 1995 (43 mg/kg), die mit Abstand höchsten Konzentrationen wiederum 1998 (100 mg/kg) und 1999 (90 mg/kg). Im Jahresverlauf nahm die Mn-Konzentration in der Regel zu. Lediglich 1997 nahm die Konzentration in allen Düngevarianten nach dem Reifebeginn wieder ab, dies konnte in den Jahren 1995, 1996 und 1999 ebenfalls in einzelnen Varianten beobachtet werden.

Ein Düngungseffekt ist nicht gegeben.

Der Einfluß des Jahrgangs auf die **Cu**-Konzentration im Blatt betrug zwischen 67% (Blüte) und 84% (Lese). Der Jahresverlauf war uneinheitlich. 1996, 1997 und 1999 fand sich eine abnehmende Konzentration. 1995 nahm die Konzentration im Jahresverlauf leicht zu. 1994 und 1998 konnte ein Maximum zum Reifebeginn festgestellt werden.

Während in den Jahren 1995-1999 die Spannen zwischen den Höchst- und Tiefstwerten zwischen 4 und 8 mg/kg betragen, lagen 1994 mehr als 20 mg/kg zwischen dem Maximum zum Reifebeginn und dem Tiefstwert zur Lese. Die Durchschnittswerte innerhalb eines Jahrgangs waren 1994 und 1995 (14 bzw. 16 mg/kg) am höchsten. Danach folgt das Jahr 1996 mit 11 mg/kg. In den Jahren 1997-1999 wurden 8-9 mg/kg Cu im Blatt gefunden. In der Tendenz nahm der Cu-Gehalt über die Jahre hin ab.

Der Einfluß der N-Düngung auf die Cu-Konzentration betrug zur Blüte 8% und sank mit Reifebeginn auf unter 3%. Zu allen drei Terminen lag die Cu-Konzentration in den Blättern der Nullvariante signifikant über der Konzentration der gedüngten Varianten. Eine weitere Differenzierung unter den gedüngten Varianten war nicht feststellbar.

Tab. 19: Konzentrationen (Mittel, Minimum, Maximum aller Messungen) der einzelnen Mineralstoffe in den Blättern unterteilt nach den Probenahmeterminen (Blüte, Reifebeginn, Lese), sowie die varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung auf die Gesamtvariabilität der Mineralstoff-Konzentrationen. Das Signifikanzniveau ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, *** $\alpha = 0,1\%$).

		Konzentration (N, P, K, Mg, Ca: % in TS Fe, Zn, Mn, Cu: mg/kg)		Anteilsziffer (zweifaktoriell)			
		Mittel	Min - Max	Jahrgang (J)	Düngung (D)	J x D	Rest
N	Blüte	2,81	2,16 - 3,34	52,6***	22,3***	3,9	21,2
	Reife	2,10	1,41 - 2,78	35,7***	35,8***	5,0	23,4
	Lese	1,85	1,11 - 2,51	48,0***	26,0***	4,3	21,8
P	Blüte	0,25	0,17 - 0,43	14,1***	51,5***	6,9	27,5
	Reife	0,17	0,11 - 0,31	9,2***	70,9***	4,1	15,8
	Lese	0,15	0,10 - 0,29	9,3***	62,9***	3,9	23,9
K	Blüte	1,17	0,66 - 1,58	12,3*	9,9*	4,5	73,3
	Reife	1,02	0,49 - 1,47	8,9	16,9***	2,5	71,7
	Lese	0,82	0,30 - 1,40	18,5***	11,0**	2,6	67,9
Mg	Blüte	0,18	0,10 - 0,29	14,4**	12,0**	5,8	67,8
	Reife	0,23	0,10 - 0,43	7,7	12,1**	2,5	77,8
	Lese	0,23	0,10 - 0,50	20,5***	7,7*	2,5	69,2
Ca	Blüte	1,71	1,33 - 2,38	44,9***	5,0*	9,7	40,3
	Reife	2,64	1,88 - 3,28	58,9***	1,8	5,7	33,6
	Lese	2,91	2,27 - 3,73	61,9***	1,1	7,9	29,1
Fe	Blüte	71,9	36,0 - 120,5	70,5***	2,5*	4,1	22,9
	Reife	68,4	47,0 - 111,5	67,8***	1,6	5,6	24,9
	Lese	79,2	46,5 - 119,5	39,6***	2,8	13,5	44,1
Zn	Blüte	108,3	47,5 - 219,5	88,6***	0,6	1,2	9,7
	Reife	131,6	54,5 - 342,0	92,3***	0,8*	1,1	5,7
	Lese	136,9	45,5 - 358,5	88,5***	0,8	1,3	9,5
Mn	Blüte	35,9	18,5 - 54,0	9,2	4,6	5,6	80,6
	Reife	55,7	24,0 - 129,5	69,8***	1,3	2,7	26,2
	Lese	63,2	24,5 - 133,0	76,6***	1,4	1,2	20,9
Cu	Blüte	11,5	8,0 - 21,5	67,1***	7,7***	4,5	20,7
	Reife	12,4	5,5 - 34,5	83,9***	2,8***	2,7	10,5
	Lese	8,8	4,5-22,0	84,4***	2,5***	1,9	11,2

4.2.3.6 Chlorophyllgehalt (N-Tester)

Der N-Tester-Wert für Blätter ist ein Maß für den Chlorophyllgehalt. Er war in allen Versuchsjahren zum phänologischen Stadium von 60° Oe auf demselben Niveau. Bis auf das Jahr 1998 war die Differenzierung aufgrund der N-Düngung in allen Jahren gleich: Die Werte der Blätter der Nullvariante lagen im Mittel bei 400. Die Blätter der 30 und der 60 kg N/ha-Varianten lagen praktisch gleichauf bei Werten zwischen 450 und 500. Die beiden hochgedüngten Varianten zeigten N-Tester-Werte von 530-550. Im Ausreißerjahr 1998 lagen dagegen die Varianten mit 60 und 150 kg N/ha mit Werten um 500 über den restlichen Varianten, die alle beim Niveau von ca. 450 lagen.

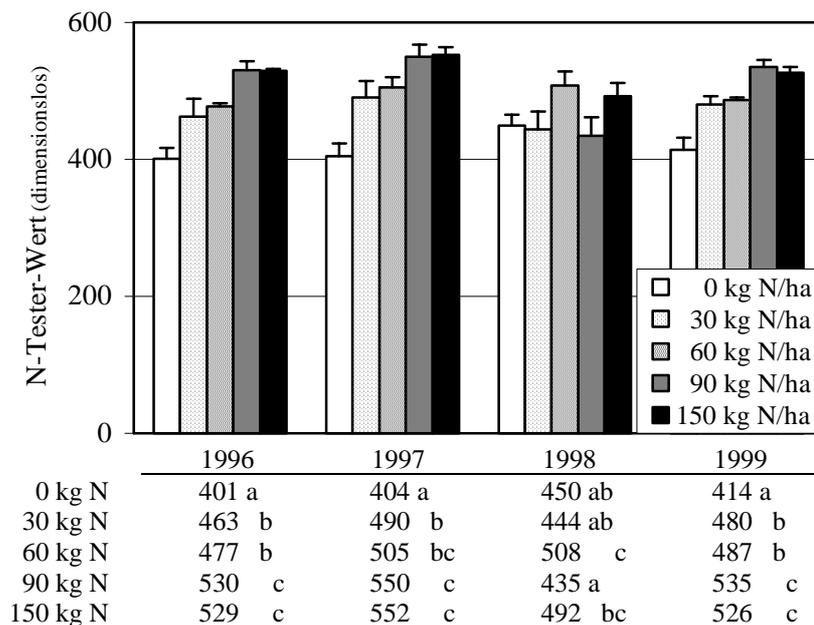


Abb. 7: N-Tester-Werte (dimensionslos) der Blätter bei 60° Oe in den Jahren 1996-1999. Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind in der Datentabelle mit unterschiedlichen Buchstaben vermerkt.

4.2.3.7 Mykorrhizierung

Die Unterschiede in der Mykorrhizierungsanteil der Reb-, und Graswurzeln zwischen den untersuchten Düngevarianten waren nicht absicherbar. Die Graswurzeln zeigten nur eine verschwindend geringe Mykorrhizierung. In der Tendenz waren die Rebwurzeln aus den ungedüngten Varianten stärker mykorrhiziert.

Tab. 20: Mykorrhizierungsanteil (%) \pm SF der Reb-, und Graswurzeln im Jahr 2000.

	Reben		Gras	
	Hyphen	Arbuskeln	Hyphen	Arbuskeln
0 kg N/ha	87 \pm 3,5	82 \pm 5,0	0 \pm 0	6 \pm 1,2
60 kg N/ha	74 \pm 3,3	70 \pm 4,8	0 \pm 0	6 \pm 1,2
150 kg N/ha	75 \pm 5,8	71 \pm 5,9	0 \pm 0	0 \pm 0,0

4.2.3.8 Auswirkung der P/K-Bodengehalte auf Blatt-, Holz-, und Mostinhaltsstoffe

Aufgrund der großen Streuung in den P_2O_5 und K_2O -Gehalten des Bodens wurde der Einfluß auf die Mineralstoffeinlagerung in Blatt, Holz und Trauben geprüft. Am stärksten wurden die Blatinhaltsstoffe von den Bodenwerten beeinflusst. Es gab eine starke positive Korrelation zwischen den K_2O -Bodenkonzentrationen und den K-Blattkonzentrationen. Das Bestimmtheitsmaß lag im Mittel aller Probennahmeterminen bei 0,55. Auch die Mg-Blattkonzentration reagierte deutlich auf die Bodenlösung. Man konnte abnehmende Konzentrationen bei zunehmender K_2O -Konzentration im Boden feststellen. Die Korrelation wurde mit zunehmendem Blattalter stärker und der Korrelationskoeffizient negativer. Die P-Blattkonzentration variierte sehr wenig. Die Variation ist auf die abnehmenden Konzentrationen bei der N-Düngung zurückzuführen. Obwohl die P-Konzentration im Boden sehr stark zwischen 2 und 52 variierte, wurde die Blattkonzentration davon nicht beeinflusst ($r^2 = 0,03$). Die Konzentration an N im Blatt kann im Schnitt zu 20% mit den K_2O -Gehalten des Bodens erklärt werden. Die Mineralstoffeinlagerung ins Holz unterschied sich in der Reaktion auf die Bodenwerte etwas. Die Mg-Einlagerung ins Holz wird nur noch zu ca. 20% von den Boden- K_2O -Gehalten beeinflusst. Die K-Konzentration im Schnittholz ist mit $r^2 = 0,64$ in etwa gleich stark positiv mit den K_2O -Gehalten im Boden korreliert, wie es schon bei den Blättern beobachtet wurde. Die P-Konzentration im Holz wird weder von den P_2O_5 - noch von den K_2O -Gehalten im Boden beeinflusst. Die N-Einlagerung in das einjährige Schnittholz wurde dagegen mit einem durchschnittlichen Bestimmtheitsmaß von 0,25 sogar etwas stärker vom K_2O -Gehalt im Boden beeinflusst. Die Einlagerung von K und Mg in die Trauben wurde nur noch wenig von diesen Bodenparametern beeinflusst. K im Most steht lediglich in den Jahren 1996 und 1999 im Zusammenhang mit dem K_2O -Gehalt im Boden, Mg wies nur in den Jahren 1997-1999 r^2 -Werte höher als 0,1 auf. Die Konzentration an Gesamt-N im Most war 1995 und 1998 nicht vom K im Boden beeinflusst, in den übrigen Jahren fanden sich Bestimmtheitsmaße von 0,2 (1994, 1996, 1999) und 0,4 (1998).

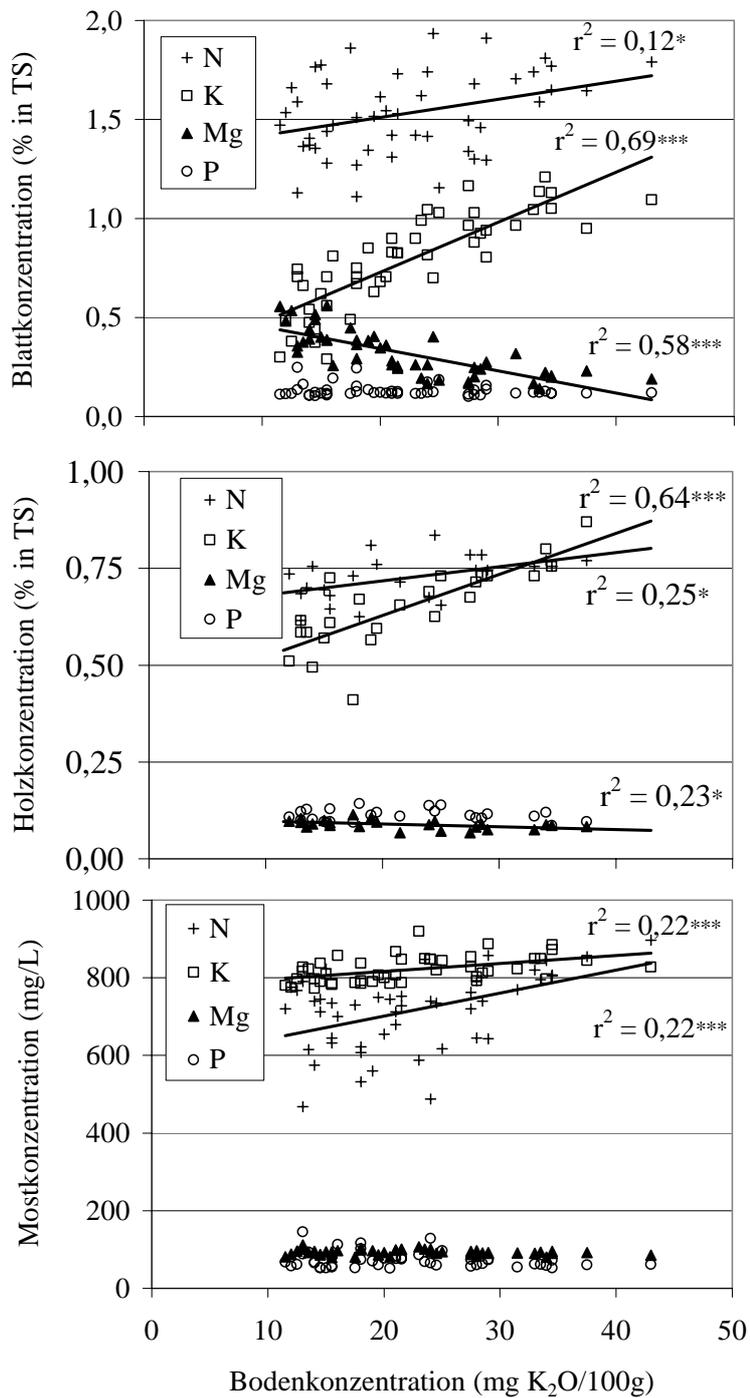


Abb. 8: Zusammenhang zwischen den K₂O-Gehalten (mg/100g) im Boden 1996 (0-60cm) und den Konzentrationen an N, P, K und Mg in Blättern zum Lesezeitpunkt (n = 48), Schnittholz (n = 24) und Most (n = 48) im Jahr 1996.

4.3 Traubenertrag, Mostgewicht und Gesamtsäure

4.3.1 Traubenertrag

Jahrgangseinfluß

Die Traubenerträge waren sehr jahrgangsabhängig. Der Einfluß des Jahrgangs auf die Gesamtvariabilität der Erträge betrug 83%. 1999 konnte keine Ertragsbestimmung durchgeführt werden. In diesem Jahr wurde zu Reifebeginn zur Qualitätssteigerung stark ausgedünnt, was kurz vor der Ernte wegen der starken Fäulnis nochmals erfolgte. 1999 lag der Ertragsdurchschnitt im Rheingau allerdings um 10% über dem Jahr 1997. Demzufolge kann das Ertragsniveau in den gedüngten Varianten 1999 mit 160 kg/ar geschätzt werden. Die weitaus niedrigsten Erträge wurden 1995 mit 50 kg/ar geerntet. Die nächsthöheren Erträge fanden sich 1998 (80 kg/ar) und 1994 (85 kg/ar). Nur wenig darüber lagen die Erträge 1996 (90 kg/ar). Nach 1999 war 1997 der Jahrgang mit den höchsten Erträgen mit durchschnittlich 147 kg/ar. In den Jahren mit den höchsten Erträgen wurde damit dreimal so viel geerntet wie im Jahr mit den niedrigsten Erträgen, und 1,7 mal so viel wie in den durchschnittlichen Jahren. Die Unterschiede in den Jahreserträgen waren in der Regel hochsignifikant. Lediglich zwischen 1994 und 1998 fanden sich keine Unterschiede.

Düngungseinfluß

Der Jahrgangseinfluß überlagerte den Düngungseinfluß um ein vielfaches. Der Anteil der Düngung an der Streuung der Erträge machte nur 2,5% aus. Dennoch war der Düngungseinfluß hoch signifikant. Innerhalb der Jahre betrug der Düngungseinfluß nicht signifikant zwischen 15% (1994) und 40% (1998). Der Traubenertrag lag im Durchschnitt der Jahre in der Nullvariante um 15% unter dem der gedüngten Parzellen. Dies war aber nicht in allen Jahren der Fall. 1995 wurde in der Nullvariante ein um 5% höherer Ertrag erzielt. Im Durchschnitt der Jahre war der Minderertrag in der Mangelvariante hoch signifikant absicherbar. Nur die 60/30-Variante mit durchschnittlich 15% höherem Ertrag lässt sich nicht absichern. Innerhalb der einzelnen Jahre war dagegen nur 1998 der niedrigere Ertrag in der Nullvariante gegenüber allen gedüngten Varianten signifikant unterschiedlich. 1997 waren die Unterschiede gegenüber 7 gedüngten Varianten (von 11) signifikant. In den restlichen Jahren (1994-1996) fand man praktisch keine signifikanten Unterschiede mehr. Innerhalb der gedüngten Varianten ließ sich auch keine konsistente Abhängigkeit des Ertrags von der N-Versorgung erkennen. So lagen die Erträge in den Varianten mit 30 kg N/ha in der Regel über denen der hochgedüngten Varianten. Die niedrigsten Erträge nach der Nullparzelle fand man in der 60/30-Variante.

Der Düngezeitpunkt kann demnach noch weniger einen signifikanten Einfluß auf den Ertrag ausüben. In der Düngehöhe mit 30 kg N/ha wies in 4 von 5 Jahren der spätere Düngezeitpunkt den höheren Ertrag aus. Bezüglich 60 kg N/ha waren die Ertragsunterschiede ausgeglichen; bei 90 kg N/ha fanden sich wiederum die höchsten Erträge bei später Düngung (30/60-Variante). Dies konnte zwar in allen Jahren beobachtet werden, aber die frühe Düngung (90/00) hatte einen höheren Ertrag als die verteilte 60/30-Variante, und auch innerhalb der 120 kg-Varianten war der Ertrag bei früher Düngung höher.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf den Traubenertrag lag bei 2,4%. Die Reststreuung lag bei 12%.

Tab. 21: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Traubenertrags. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, *** $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	83,2	313,0***						
Düngung	2,5	3,4***	15,1	19,9	24,2	31,7	38,6	-
Jahr x Düngung	2,4	0,8						
Rest	12,0		84,9	80,1	75,8	68,3	61,4	

Tab. 22: Mittelwerte \pm SF des Traubenertrags (kg/ar) in allen Versuchsvarianten in den Jahren 1994-1999. (¹1999 keine Ertragsbestimmung aufgrund Ausdünnung um ca. ein Drittel, Angabe: durchschnittlicher Riesling-Ertrag im Rheingau 1999 lt. Weinbauamt Eltville).

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Mittel
0/0	72,0 \pm 5,5	51,3 \pm 2,9	74,5 \pm 3,3	119,8 \pm 3,6	61,3 \pm 4,4		75,8 \pm 3,5
0/30	79,6 \pm 9,8	53,4 \pm 8,2	92,7 \pm 5,3	155,3 \pm 5,1	77,2 \pm 1,2		91,6 \pm 5,3
30/0	94,4 \pm 3,1	50,4 \pm 3,5	90,5 \pm 4,2	146,9 \pm 4,8	76,6 \pm 3,6		91,8 \pm 3,4
0/60	89,4 \pm 9,0	52,9 \pm 5,4	91,4 \pm 5,4	146,8 \pm 7,3	77,0 \pm 2,3		91,5 \pm 5,3
30/30	84,8 \pm 7,1	55,8 \pm 4,7	86,4 \pm 11,5	157,7 \pm 8,6	85,3 \pm 8,6		94,0 \pm 7,2
60/0	80,4 \pm 2,8	52,9 \pm 2,4	92,0 \pm 1,6	154,9 \pm 19,6	78,1 \pm 1,6	160¹	91,6 \pm 5,0
30/60	89,4 \pm 7,6	47,5 \pm 9,3	103,3 \pm 4,3	155,9 \pm 10,2	79,4 \pm 6,4		95,1 \pm 6,7
60/30	79,6 \pm 2,6	39,9 \pm 6,3	91,0 \pm 8,8	130,0 \pm 14,7	76,9 \pm 3,9		83,5 \pm 6,5
90/0	84,2 \pm 4,8	43,1 \pm 3,7	96,8 \pm 6,2	148,9 \pm 8,9	78,6 \pm 5,6		90,3 \pm 5,2
60/60	83,2 \pm 7,8	42,8 \pm 4,6	90,2 \pm 5,8	148,0 \pm 7,2	81,4 \pm 3,8		89,1 \pm 5,2
90/30	83,7 \pm 6,0	52,3 \pm 6,8	92,0 \pm 7,6	160,0 \pm 5,0	102,4 \pm 13,2		98,2 \pm 6,9
90/60	83,9 \pm 8,8	44,9 \pm 5,9	89,6 \pm 7,7	145,8 \pm 7,6	83,1 \pm 4,9		89,4 \pm 6,2
GD	19,2	16,3	18,6	27,6	13,4		

4.3.2 Mostgewicht

Jahrgangseinfluß

Die Streuung innerhalb der Mostgewichte war zu 46% durch den Jahrgangseinfluß erklärbar. 1996, 1997 und 1998 waren die Mostgewichte mit 87° Oe im Vergleich zu den anderen Jahren etwas höher. Diese 3 Jahre waren untereinander auch nicht signifikant unterschiedlich. Die niedrigsten Mostgewichte wurden 1994 (durchschnittlich 78,5° Oe) gemessen. Die Jahrgänge 1995 (83° Oe) und 1999 (82,2° Oe) unterschieden sich nicht signifikant, während sich in allen übrigen Jahrgängen (1994, 1995, 1999) die Mostgewichte im Vergleich zu allen anderen Jahren signifikant unterschieden.

Düngungseinfluß

Mit einer Anteilsziffer von unter 6% war der langjährige Einfluß der Düngung auf das Mostgewicht dem Jahrgangseinfluß gegenüber untergeordnet. Im Mittel lag das Mostgewicht in der Nullvariante 2° Oe über den gedüngten Varianten. Dennoch war in den zu Wein ausgebauten Varianten (in der Tabelle fett gedruckt) der Unterschied zu der 0/60 bzw. 90/60-Variante mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bzw. 8% signifikant, zu den anderen beiden Varianten (00/30 und 90/00) hoch signifikant. Absicherbar höhere Mostgewichte in der ungedüngten Variante waren 1994 und 1997 zu verzeichnen. In diesen Jahren betrug der Anteil der Düngung an der Streuung der Mostgewichte 35,6 bzw. 26,3%, während er in den anderen Jahren zwischen 11 und 21% lag. Die Nullvariante brachte auch 1998 das höchste Mostgewicht hervor. Dagegen war 1995 das Mostgewicht durch N-Mangel durchschnittlich um 1,5° Oe niedriger im Vergleich zu den gedüngten Varianten. Das niedrigste Mostgewicht wurde 1995 jedoch in der 90/30-Variante mit nur 79,8° Oe gemessen. In den beiden übrigen Jahren (1996, 1999) gab es keinen Einfluß der N-Düngung. Weder bezüglich des Düngezeitpunkts, noch der Höhe der N-Düngung ließ sich zwischen den gedüngten Varianten ein Einfluß auf das Mostgewicht feststellen.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf den Traubenertrag lag bei 7,8%, war aber nicht signifikant. Mit 40% war der Anteil der Reststreuung sehr hoch.

Tab. 23: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Mostgewichts. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, *** $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	46,3	51,6***						
Düngung	5,7	2,3*	35,6	17,2	10,9	26,3	21,0	44,3
Jahr x Düngung	7,8	0,8						
Rest	40,2		64,4	82,8	89,1	73,7	79,0	55,7

Tab. 24: Mittelwerte \pm SF des Mostgewichts ($^{\circ}\text{Oe}$) in allen Versuchsvarianten in den Jahren 1994-1999. (1999 nur Probenahme in den vinifizierten Varianten).

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Mittel
0/0	84,4 \pm 2,0	81,5 \pm 0,9	87,7 \pm 2,1	90,3 \pm 1,0	89,2 \pm 1,4	83,9 \pm 0,1	86,2 \pm 1,1
0/30	78,7 \pm 2,3	82,8 \pm 2,5	86,2 \pm 1,1	84,6 \pm 3,3	85,4 \pm 1,5	-	83,5 \pm 1,9
30/0	79,4 \pm 2,4	83,8 \pm 1,7	86,6 \pm 1,3	86,9 \pm 2,8	87,1 \pm 2,2	80,8 \pm 1,8	84,1 \pm 1,8
0/60	80,0 \pm 2,3	83,0 \pm 1,2	88,2 \pm 1,3	89,6 \pm 0,6	88,2 \pm 1,6	83,7 \pm 1,8	85,4 \pm 1,3
30/30	81,5 \pm 2,1	82,3 \pm 2,3	87,6 \pm 1,9	86,6 \pm 0,3	87,0 \pm 1,9	-	85,0 \pm 1,5
60/0	77,8 \pm 3,1	83,5 \pm 2,1	88,0 \pm 1,4	85,6 \pm 2,5	89,1 \pm 0,3	-	84,8 \pm 1,7
30/60	79,8 \pm 0,6	83,0 \pm 1,8	87,4 \pm 2,0	87,8 \pm 2,3	85,8 \pm 1,5	-	84,1 \pm 1,4
60/30	77,5 \pm 0,5	85,8 \pm 0,5	88,6 \pm 2,0	86,6 \pm 1,7	88,7 \pm 1,8	-	85,4 \pm 1,2
90/0	76,5 \pm 0,9	84,3 \pm 1,5	85,4 \pm 0,8	82,1 \pm 1,4	86,5 \pm 1,8	79,3 \pm 1,2	82,3 \pm 1,1
60/60	74,0 \pm 3,0	83,5 \pm 2,1	86,4 \pm 0,7	84,7 \pm 2,9	86,4 \pm 2,1	-	83,0 \pm 1,9
90/30	75,5 \pm 0,9	79,8 \pm 2,0	86,7 \pm 1,2	85,9 \pm 1,6	84,8 \pm 0,3	-	82,5 \pm 1,1
90/60	76,6 \pm 2,6	83,5 \pm 1,9	87,2 \pm 0,9	87,3 \pm 1,9	88,3 \pm 0,5	84,5 \pm 0,6	84,6 \pm 1,2
GD	6,0	5,1	4,2	5,9	4,5	3,9	

4.3.3 Gesamtsäure

Jahrgangseinfluß

Die Streuung innerhalb der Mostgewichte war zu 87% durch den Jahrgangseinfluß erklärbar. 1995 fanden sich die weitaus höchsten Säurekonzentrationen im Most (durchschnittlich 13,8 mg/L), es folgten die Jahre 1994 und 1996 mit ca. 12 mg/L und die Jahre 1997 und 1998 mit ca. 10,5 mg/L. Die Säurekonzentration der Moste 1999 lagen lediglich bei durchschnittlich 8,8 mg/L.

Düngungseinfluß

Der Einfluß der langjährigen N-Düngung auf die Säurekonzentration im Most betrug 1%. Im Mittel nahm die Säure mit zunehmenden N-Gaben kontinuierlich ab. In den einzelnen Jahren war der Effekt lediglich 1995 und 1998 deutlich. 1996 und 1997 war ein Düngereffekt aber nicht zu erkennen. 1996 wies die 90 kg N/ha-Variante höhere Säurewerte auf als die Nullvariante, auch 1994 und 1999 riß diese Variante etwas nach oben aus, ohne jedoch die höchsten Säurekonzentrationen aufzuweisen.

Ein signifikanter Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung konnte nicht festgestellt werden. Die Reststreuung lag bei 10%.

Tab. 25: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Mostsäure. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, *** $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	86,6	154,3***						
Düngung	1,4	3,0*	23,0	43,3	21,1	2,3	39,5	14,4
Jahr x Düngung	1,9	0,9						
Rest	10,1		77,0	56,7	78,9	97,7	60,5	85,6

Tab. 26: Mittelwerte \pm SF der Mostsäure (mg/L) in den Düngevarianten 0, 30, 60, 90, 150 kg N/ha in den Jahren 1994-1999. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten sind mit unterschiedlichen Buchstaben in der Datentabelle gekennzeichnet.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Mittel
0 kg N	12,0 \pm 0,4	14,5 \pm 0,4 b	12,3 \pm 0,5	10,5 \pm 0,4	10,6 \pm 0,3 b	9,0 \pm 0,3	11,5 \pm 0,4 b
30 kg N	12,1 \pm 0,4	14,2 \pm 0,2 b	11,9 \pm 0,1	10,4 \pm 0,4	10,5 \pm 0,1 b	8,6 \pm 0,3	11,3 \pm 0,4 b
60 kg N	11,5 \pm 0,3	13,9 \pm 0,2 ab	11,8 \pm 0,2	10,7 \pm 0,2	10,5 \pm 0,2 b	8,7 \pm 0,1	11,2 \pm 0,3 ab
90 kg N	11,7 \pm 0,3	13,5 \pm 0,3 ab	12,4 \pm 0,2	10,6 \pm 0,5	9,8 \pm 0,3 a	8,9 \pm 0,1	11,2 \pm 0,3 ab
150 kg N	11,1 \pm 0,3	13,1 \pm 0,4 a	11,9 \pm 0,2	10,4 \pm 0,4	10,0 \pm 0,1 ab	8,8 \pm 0,1	10,9 \pm 0,3 a
Ø	11,7 \pm 0,2	13,8 \pm 0,2	12,1 \pm 0,1	10,5 \pm 0,0	10,3 \pm 0,1	8,8 \pm 0,1	11,2 \pm 0,1

4.4 Mostinhaltsstoffe

4.4.1 Mineralstoffe im Most

4.4.1.1 Phosphor

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang beeinflusste die Gesamtvariabilität der P-Konzentration im Most zu 17%. Die niedrigsten Konzentrationen im Jahresdurchschnitt fanden sich in den Jahren 1994 (75 mg P/L), 1997 (95 mg P/L) und 1999 (92 mg /L), wobei sich die letzten beiden Jahrgänge nicht signifikant unterschieden. In den übrigen Jahren lagen die P-Konzentrationen zwischen durchschnittlich 110 mg P/L (1995) und 120 mg P/L (1996). Die Unterschiede zwischen den Jahrgängen waren relativ gering. Im Vergleich zu 1994, dem Jahr mit den niedrigsten P-Konzentrationen im Most, lagen die Werte in den nächsthöheren Jahrgängen 1,25 mal so hoch. Der größte Unterschied fand sich mit 1,6 mal höheren Konzentrationen zum Jahrgang 1995. Der Jahrgangseinfluß war in der ungedüngten Variante etwas ausgeprägter: Gegenüber den Konzentrationen im niedrigsten Jahr 1994 waren die Werte in den übrigen Jahren 1,2 bis 1,8 mal höher. Entsprechend sank der Jahrgangseinfluß auf die P-Konzentration mit der N-Düngung: In der 30 kg N/ha-Variante betrug die Spanne das 1,3-1,7-fache und in den übrigen Varianten nur noch das 1,1-1,5-fache.

Düngungseinfluß

Die Gesamtvariabilität der P-Konzentrationen im Most ist zu 60% durch die N-Düngung erklärbar. Die P-Konzentration nahm im Mittel über alle Jahre mit zunehmender N-Gabe kontinuierlich und signifikant ab. Durchschnittlich fanden sich in der Nullvariante 150 mg P/L im Most. Schon bei einer Düngung von 30 kg N/ha sank diese Konzentration um 30% auf 100 mg P/L. In der 60 kg N/ha-Variante lag die P-Konzentration um 40% unter der Nullvariante, und in der hoch gedüngten 150 kg N/ha-Variante fand sich mit ca. 70 mg P/L weniger als die Hälfte. Im Vergleich zur 60 kg N/ha-Variante sank die P-Konzentration bei höherer Düngung nochmals signifikant um 15-22%. In den einzelnen Jahrgängen war der Einfluß der N-Düngung auf die P-Konzentration hochsignifikant und lag zwischen 72 und 88%. In allen Jahren sank die P-Konzentration kontinuierlich mit der Düngung, die Konzentration in der Nullvariante lag immer signifikant über denen der gedüngten Varianten. Die niedrigeren P-Konzentrationen gegenüber der 30 kg N/ha-Variante waren in der Regel erst ab einer Düngung mit 90 kg N/ha und mehr signifikant. Bei ähnlich hoher Anteilsziffer in den verschiedenen Jahrgängen gab es Unterschiede in der Auswirkung auf die P-Konzentration: In den Jahren mit höherer P-Konzentration (1995,1996, 1998) war der Düngungseinfluß stärker. In den hoch gedüngten 150 kg N/ha-Varianten betrug die P-Konzentration nur 35-45% der Konzentrationen der Nullvariante. Dieser Effekt beruhte auf den wesentlich höheren P-Konzentrationen in den ungedüngten Varianten in diesen Jahren. Die Konzentrationen in den hochgedüngten Varianten waren dagegen wesentlich stabiler. In den Jahren mit niedrigerer P-Konzentration im Most (1994, 1997, 1998) fand sich in der 150 kg N/ha-Variante mehr als die Hälfte (56-58%) der Konzentration der ungedüngten Variante.

Der oben beschriebene Einfluß der Wechselwirkung zwischen Düngung und Jahrgang lag bei 9% und ist hoch signifikant. Die Reststreuung betrug 14%.

Tab. 27: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der P-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	16,8	22,0***						
Düngung	60,1	98,0***	72,4***	88,0***	81,4***	80,0***	81,7***	83,5***
Jahr x Düngung	9,3	3,0***						
Rest	13,8		27,6	12,0	18,6	20,0	18,3	16,5

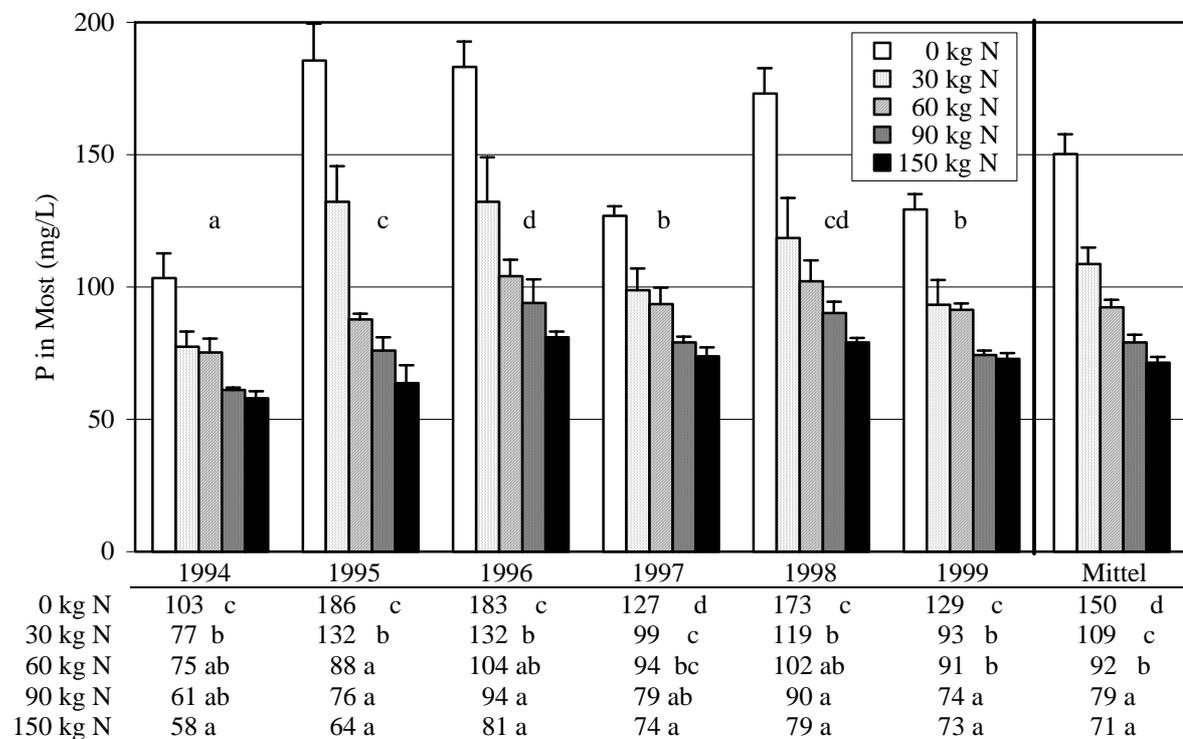


Abb. 9: P-Konzentration (mg/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.1.2 Kalium

Jahrgangseinfluß

Die Streuung in den K-Konzentrationen im Most ließ sich zu 83% durch den Jahrgangseinfluß erklären. Die mit großem Abstand niedrigsten Konzentrationen fanden sich 1995 mit durchschnittlich 525 mg K/L. Die Unterschiede zwischen den übrigen Jahrgängen waren gering: Die nächsthöheren Jahreswerte fanden sich 1994 (890 mg K/L). Es folgen die Jahre 1996-1998 (970-955 mg K/L), die sich nicht signifikant unterschieden. Die höchsten K-Konzentrationen fanden sich 1999 mit 1080 mg K/L, mehr als doppelt so viel wie 1995. Dieser Jahrgangseinfluß war in allen Düngungsvarianten gleich.

Düngungseinfluß

Eine allgemeine Abhängigkeit von der N-Düngung war nicht gegeben. Der Anteil an der Streuung lag bei 1,1%. Im Mittel über alle Jahre fand sich ein leichter Anstieg in der K-Konzentration mit zunehmender N-Düngung. Die Konzentration in der Nullvariante lag etwas unter den gedüngten Varianten. In den hoch gedüngten Varianten 90 und 150 kg N/ha war die K-Konzentration signifikant um 6% höher als in der Nullvariante. Der Düngungseinfluß war abhängig vom Jahrgang: In den Jahren 1995, 1996 und 1998 lag der Einfluß der Düngung auf die Gesamtvariabilität bei 2-17%. Es fand sich hier weder eine signifikante noch eine tendenzielle Abhängigkeit der K-Konzentration von der Düngung. In den übrigen Jahren (1994, 1997, 1999) lag die Anteilsziffer bei 30-37%. Innerhalb dieser Jahre fand sich ein leichter, signifikanter Anstieg der K-Konzentrationen mit zunehmender N-Düngung.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die K-Konzentration lag bei 2,4% und war nicht signifikant. Die Reststreuung lag bei 14%.

Tab. 28: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der K-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	82,9	109,6***						
Düngung	1,1	1,8	29,6	1,9	17,1	37,2	12,6	35,2
Jahr x Düngung	2,4	0,8						
Rest	13,6		70,4	98,1	82,9	62,8	87,4	64,8

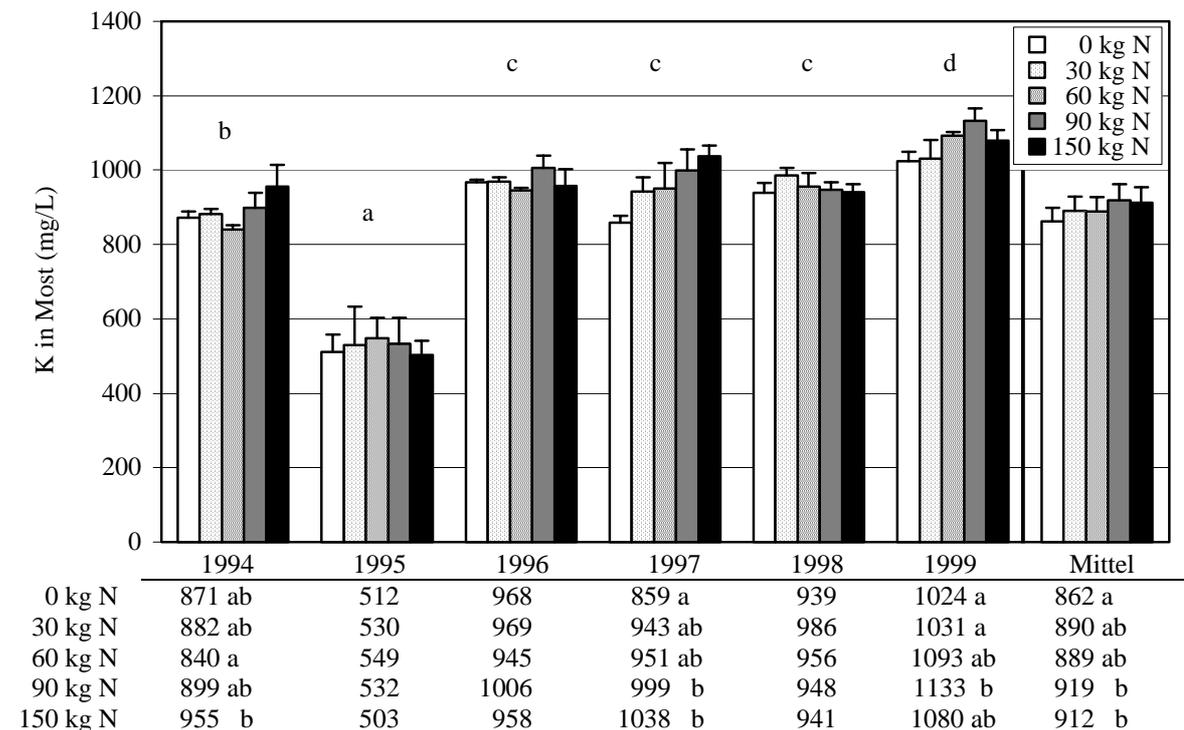


Abb. 10: K-Konzentration (mg/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.1.3 Magnesium

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der Mg-Konzentration im Most war zu 68% durch den Jahrgangseinfluß erklärbar. In den Jahren 1994, 1997 und 1999 fanden sich die niedrigsten durchschnittlichen Konzentrationen (74-66 mg Mg/L). Hierbei unterschieden sich nur die Jahre 1994 und 1999 signifikant voneinander. In den übrigen Jahren lagen die Mg-Konzentrationen signifikant höher mit durchschnittlich zwischen 89 mg Mg/L (1996) und 99 mg Mg/L (1998). Damit lagen die Mg-Konzentrationen in den gut versorgten Jahren 1,4 bis 1,5 mal über dem niedrigsten Jahr 1999. In den Jahren 1994 und 1997 waren die Mg-Konzentrationen dagegen nur 1,1 mal so hoch wie in 1999. Diese Jahrgangsdifferenzen waren unabhängig von der Düngestufe.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung übte einen hoch signifikanten Einfluß von 6,5% auf die Mg-Konzentration im Most aus. Mit zunehmender N-Gabe nahm die Mg-Konzentration ab. Im Durchschnitt fanden sich in der Nullvariante 90 mg Mg/L im Most. Im Vergleich dazu sank die Konzentration bei einer Düngung von 30-60 kg N/ha signifikant um 6% auf 85 mg Mg/L. Bei noch höheren Düngegaben (90-150 kg N/ha) lagen die Konzentrationen nochmals um 5-7% niedriger (ca. 80 mg Mg/L). In den Jahren 1995 und 1998 betrug der Einfluß der Düngung auf die Mg-Konzentration lediglich 22 bzw. 11%. Entsprechend fanden sich in diesen Jahren keine signifikanten Unterschiede. Dennoch lagen 1995 die hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) mit 94 und 91 mg Mg/L unter den restlichen Varianten (101-104 mg Mg/L). 1998 waren dagegen die Konzentrationen in der Nullvariante und der 150 kg N/ha-Variante gleich hoch (ca. 100 mg Mg/L), während die Werte in den übrigen Varianten um 90 mg Mg/L lagen. In den anderen vier Jahrgängen (1994, 1996, 1997, 1999) betrug der Einfluß der N-Düngung an der Gesamtvariabilität der Mg-Konzentration 55-65%. Die höchste Konzentration fand sich in diesen Jahrgängen immer in der Nullvariante. Die Konzentration in der 30 kg N/ha-Variante lag dagegen zwischen 4% (1996) und 11% (1999) darunter. In den hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) lagen die Konzentrationen zwischen 12% (1999) und 20% (1994) unter der Nullvariante. Während 1999 kaum Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten gefunden wurden, sanken in den Jahren 1994, 1996 und 1997 die Mg-Konzentrationen bei sehr hoher N-Düngung (90 bzw. 150 kg N/ha) nochmals gegenüber den anderen Düngevarianten (30 und 60 kg N/ha) ab.

Es konnte keine signifikante Wechselwirkung zwischen der Düngung und dem Jahrgang festgestellt werden. Die Anteilsziffer betrug 2,8%. Die Reststreuung betrug 23%.

Tab. 29: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Mg-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	67,9	53,6***						
Düngung	6,5	6,4***	64,8**	22,1	59,1**	59,8**	11,1	55,2*
Jahr x Düngung	2,8	0,6						
Rest	22,8		35,2	77,9	40,9	40,2	88,9	44,8

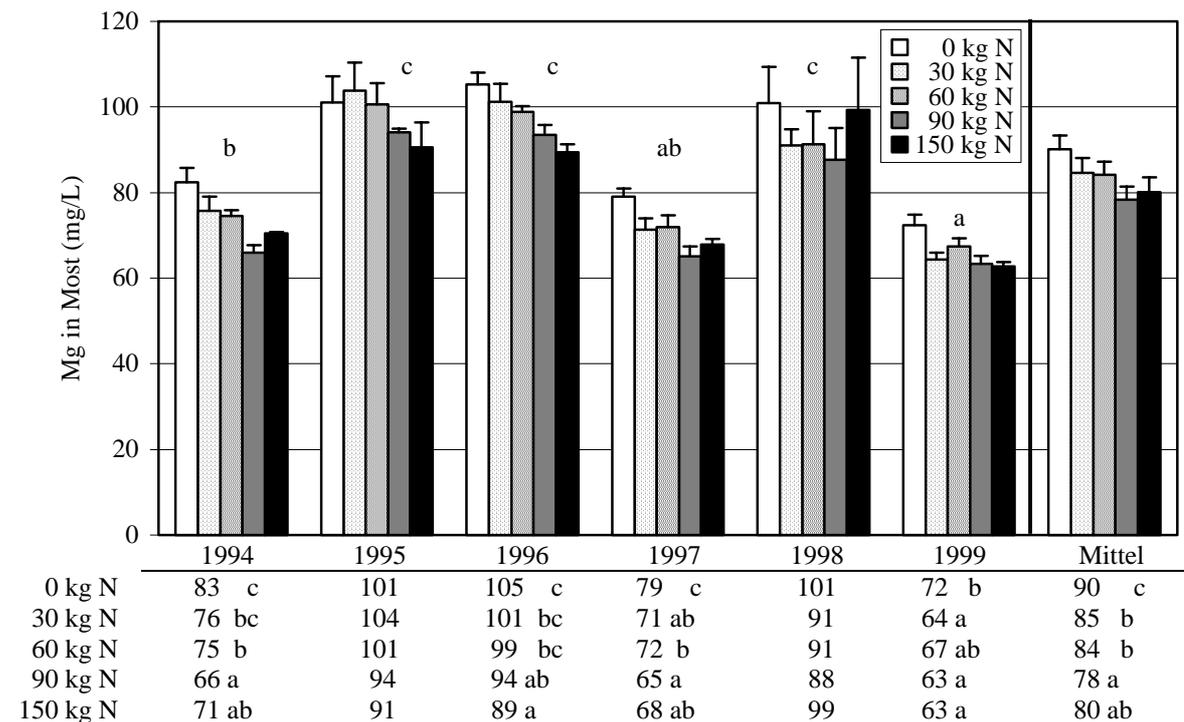


Abb. 11: Mg-Konzentration (mg/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.1.4 Calcium

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß an der Gesamtvariabilität der Ca-Konzentrationen im Most betrug lediglich 35%. 1999 wurden die geringsten Ca-Konzentrationen gefunden (90 mg Ca/L). Demgegenüber war 1998, in dem Jahr mit den höchsten Werten, die Konzentration 1,6 mal so groß (143 mg Ca/L). Leicht überdurchschnittlich waren die Konzentrationen auch 1995 (127 mg Ca/L), während 1997 die zweitniedrigsten Konzentrationen festgestellt wurden (103 mg Ca/L). Die N-Düngung veränderte diesen Jahrgangseinfluß nicht.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung hatte einen Anteil von 6% an der Gesamtvariabilität der Ca-Konzentration im Most. Im Mittel über alle Jahre war die Ca-Konzentration in der Nullvariante mit 128 mg Ca/L erhöht. Die Konzentrationen in den gedüngten Varianten lagen signifikant mit 108-114 mg Ca/L um 10-15% unter der Nullvariante. Der Düngungseinfluß war in den verschiedenen Jahren unterschiedlich stark ausgeprägt. 1998 und 1999 lag die Anteilsziffer nur bei 7 und 15%, während sie in den anderen Jahren zwischen 40% (1995) und 76% (1996) lag. Doch auch 1998 und 1999 lagen die Konzentrationen in den gedüngten Varianten tiefer als in der Nullvariante, 1999 um ca. 5% und 1998 sogar um 13-20%. 1995-1997 sank die Ca-Konzentration nahezu kontinuierlich mit zunehmender N-Düngung. Die größten Unterschiede wurden 1995 festgestellt, mit der Düngung sanken die Werte um 7% bei 30 kg N/ha bis 20% bei 150 kg N/ha. Demgegenüber lagen die gedüngten Varianten 1997 nur um 4% (30 kg N/ha) - 15% (90 kg N/ha) unter der ungedüngten Variante. Auch 1994 fanden sich die geringsten Ca-Konzentrationen in der Nullvariante, die Varianten mit 60 und 150 kg N/ha unterschieden sich aber nicht signifikant davon, während die 30 und 90 kg N/ha Varianten mit 17 und 20% niedrigeren Konzentrationen deutlich unter allen anderen Varianten lagen.

Es konnte keine signifikante Wechselwirkung zwischen der Düngung und dem Jahrgang festgestellt werden. Die Anteilsziffer betrug 3,4%, die Reststreuung betrug 56%.

Tab. 30: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Ca-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	34,7	11,2***						
Düngung	6,1	2,5*	52,0*	39,7	76,7***	50,9*	6,7	15,1
Jahr x Düngung	3,4	0,3						
Rest	55,8		48,0	60,3	23,3	49,1	93,3	84,9

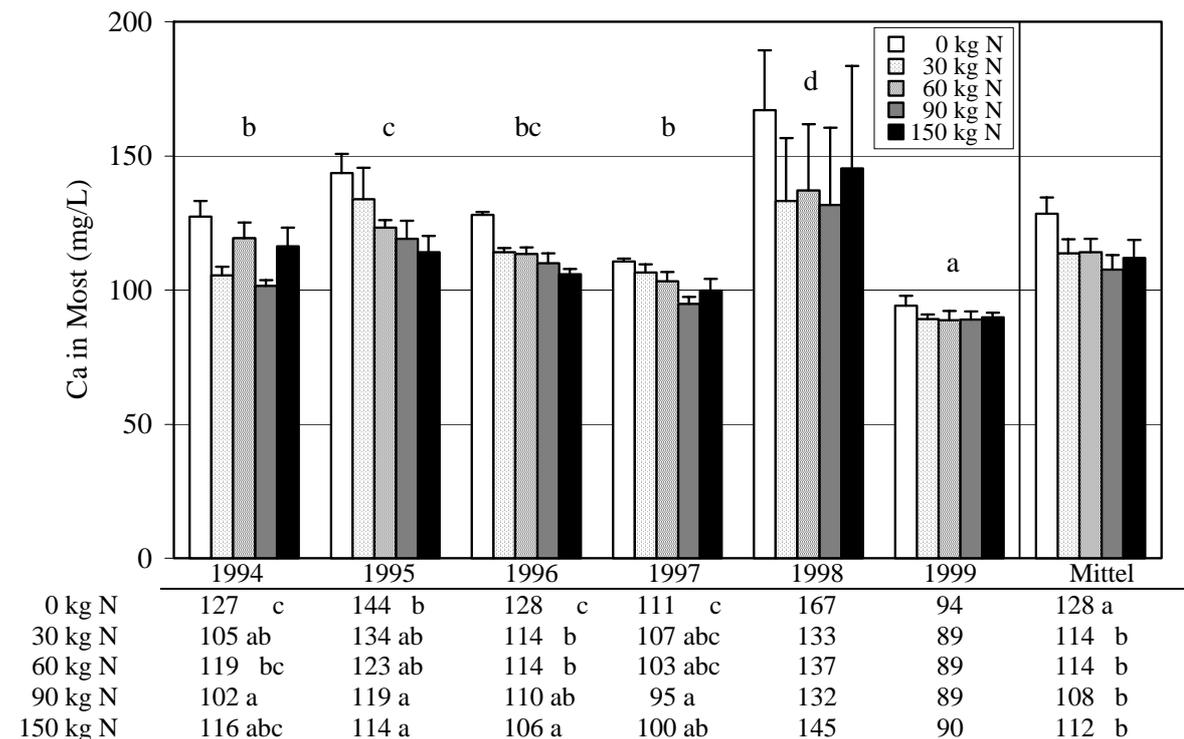


Abb. 12: Ca-Konzentration (mg/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.1.5 Natrium

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß an der Gesamtvariabilität der Na-Konzentrationen im Most betrug lediglich 27%. 1998 wurden die höchsten Na-Konzentrationen gefunden (27 mg Na/L). Dieser Jahrgang unterschied sich signifikant von allen anderen. Der Jahrgang 1999, in dem die zweithöchste Durchschnittskonzentration gefunden wurde (21 mg Na/L) unterschied sich nur noch von 1997 signifikant, dem Jahr mit den niedrigsten Na-Konzentrationen (16 mg Na/L). Demzufolge war die Konzentration 1998 1,7 mal höher als 1996. Innerhalb der Düngevarianten fand sich ein etwas anderer Jahrgangunterschied: So war z.B. in der Nullvariante 1997 nicht die niedrigste Na-Konzentration zu finden, sondern 1994. Der höchste Wert in der 90 kg N/ha-Variante fand sich nicht 1994, sondern 1999. Die Spannen zwischen den niedrigsten und höchsten Werten waren in den einzelnen Düngevarianten etwas höher als im Jahrgangsmittel.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung übte keinen Einfluß auf die Na-Konzentration im Most aus. Ihr Anteil an der Streuung lag bei 1,3%. Es fanden sich weder signifikante noch tendenzielle Unterschiede zwischen den Düngevarianten.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die K-Konzentration war nicht signifikant, trotz seiner hohen Anteilsziffer von 10%. Den größten Anteil an der Gesamtstreuung besaß die nicht erklärbare Reststreuung von 61%.

Tab. 31: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Na-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	27,4	8,0***						
Düngung	1,3	0,5	21,4	17,5	17,8	26,0	6,8	23,1
Jahr x Düngung	9,9	0,7						
Rest	61,3		78,6	82,5	82,2	74	93,2	76,9

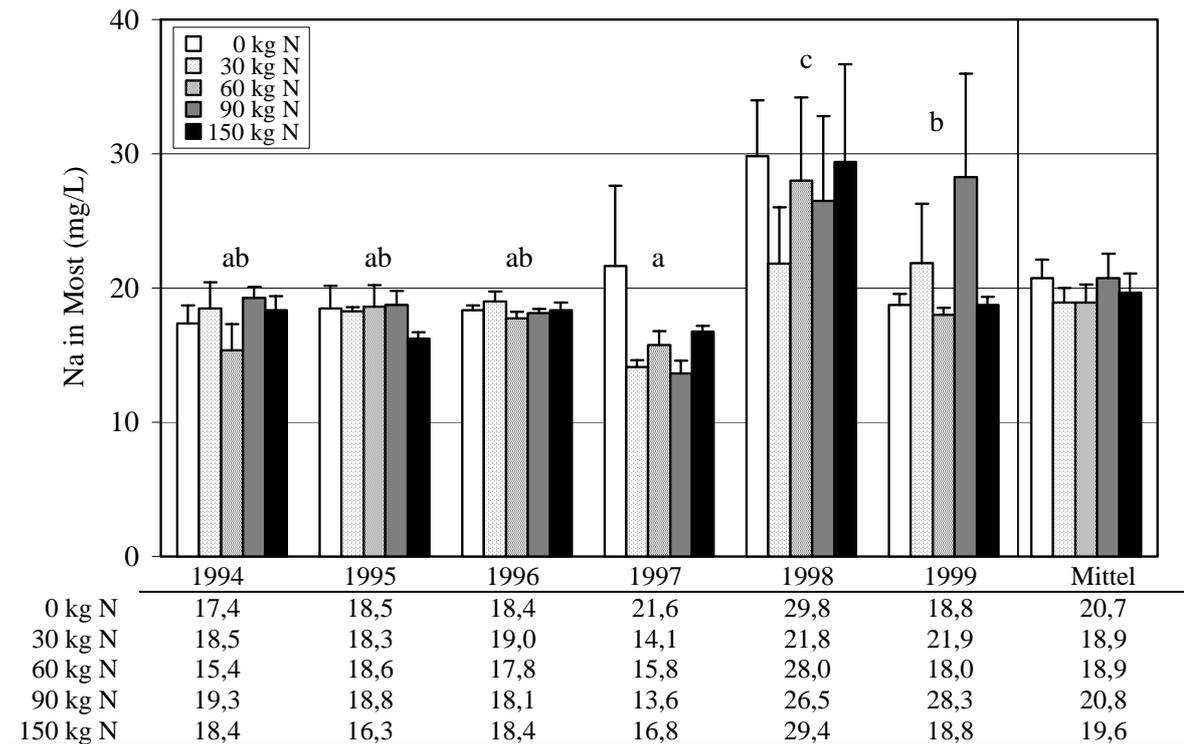


Abb. 13: Na-Konzentration (mg/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.1.6 Spurenelemente

Die **Cu**-Konzentrationen im Most streuten sehr stark. Die niedrigsten Werte fanden sich 1998 (durchschnittlich 0,67 mg Cu/L). 1997 wurden die höchsten Cu-Konzentrationen festgestellt (Jahresdurchschnitt: 1,53 mg Cu/L). Tendenziell waren die Cu-Konzentrationen in der ungedüngten Variante etwas höher, lediglich 1999 war dies gegenüber dem niedrigsten Wert in der 90 kg N/ha-Variante absicherbar.

Die **Mn**-Konzentration im Most lag 1997 mit durchschnittlich 0,48 mg Mn/L deutlich unter den anderen beiden Jahren (1998: 0,97 mg Mn/L, 1999: 0,81 mg Mn/L). Ein Düngeeinfluß ist nicht festzustellen.

Die **Zn**-Konzentrationen im Most lagen im Durchschnitt der Jahre zwischen 1,61 (1997) und 1,92 mg Zn/L (1999). Diese geringen Jahrgangsunterschiede waren nicht signifikant. Es fanden sich lediglich 1999 signifikante Unterschiede zwischen den Düngewarianten: Die Zn-Konzentration in der ungedüngten Variante lag deutlich höher als in den gedüngten Varianten. Dieser Unterschied ließ sich gegenüber den Varianten mit den niedrigsten Konzentrationen (30 bzw. 90 kg N/ha-Varianten) absichern. 1997 fand sich dasselbe Verteilungsmuster, während die Werte 1998 näher beisammen lagen und die Nullvariante gleichauf mit der 30 kg N/ha-Variante nur wenig über den restlichen Varianten lagen.

Die **Fe**-Konzentration im Most lag 1999 zwischen 0,9 und 1,14 mg/L. Sie war nicht von der N-Düngung beeinflusst.

Tab. 32: Mittlere Konzentration (mg/L) an Cu, Mn, Zn, Fe im Most in Abhängigkeit von der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr) und den Versuchsjahren 1997-1999 (bei Fe nur 1999). Signifikante Unterschiede zwischen den Düngegraden sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1997	1998	1999
Cu	0	2,64 ± 1,91	0,94 ± 0,29	2,04 ± 0,88 b
	30	0,66 ± 0,24	0,90 ± 0,41	0,80 ± 0,31 ab
	60	2,64 ± 1,17	0,35 ± 0,10	1,24 ± 0,30 ab
	90	0,56 ± 0,18	0,73 ± 0,19	0,40 ± 0,07 a
	150	1,15 ± 0,31	0,41 ± 0,17	1,16 ± 0,40 ab
Mn	0	0,58 ± 0,23	0,90 ± 0,23	0,76 ± 0,13
	30	0,44 ± 0,02	1,19 ± 0,24	0,90 ± 0,15
	60	0,48 ± 0,02	0,9 ± 0,23	0,76 ± 0,11
	90	0,45 ± 0,03	0,95 ± 0,25	0,83 ± 0,13
	150	0,45 ± 0,06	0,93 ± 0,23	0,78 ± 0,13
Zn	0	2,31 ± 1,02	1,86 ± 0,12	3,10 ± 0,85 b
	30	1,30 ± 0,15	1,89 ± 0,26	1,54 ± 0,32 a
	60	1,85 ± 0,29	1,61 ± 0,09	1,88 ± 0,27 ab
	90	1,13 ± 0,10	1,63 ± 0,11	1,24 ± 0,07 a
	150	1,46 ± 0,08	1,69 ± 0,18	1,84 ± 0,26 ab
Fe	0			1,08 ± 0,10
	30			1,05 ± 0,29
	60			1,14 ± 0,37
	90			1,13 ± 0,21
	150			0,90 ± 0,21

4.4.2 Aminosäuren und Gesamt-N

4.4.2.1 Gesamt-N

Jahrgangseinfluß

Die N-Konzentration im Most wurde zum überwiegenden Anteil vom Jahrgang beeinflusst. 85% der Gesamtvariabilität lassen sich mit dem Jahrgangseinfluß erklären. Dabei unterschieden sich alle sechs Jahre hochsignifikant voneinander. Unterdurchschnittlich niedrig war die N-Konzentration in den Jahren 1994 (210 mg N/L), 1997 (265 mg N/L) und 1999 (125 mg N/L). Mit durchschnittlich 800 mg N/L fand man mit großem Abstand die höchsten N-Konzentrationen im Jahr 1996. Dies war über das 6-fache der N-Konzentration im Vergleich zu dem extrem schlecht versorgten Jahr 1999 und immer noch nahezu das Doppelte der beiden anderen überdurchschnittlich versorgten Jahre 1995 und 1998. Betrachtet man den Jahrgangseinfluß nicht im Mittel aller Düngevarianten, sondern in den einzelnen Düngegradstufen separat, so kann man folgendes feststellen: Bezüglich der N-Konzentrationen im Jahr 1999 waren die Jahrgangsunterschiede in den 0 und 30 kg N/ha-Varianten gleich: 1994, im Jahr mit den 2. niedrigsten Werten, waren die Konzentrationen doppelt so hoch, 1995 4,5 mal und 1996 10 mal so hoch. Die anderen beiden Jahre lagen dazwischen. In der 60 kg N/ha-Variante waren die Spannen zwischen den Jahren etwas niedriger: 1,8 mal (1994), 4 mal (1995) bis 8 mal (1996). Die geringsten Jahrgangseffekte auf die N-Konzentration im Most fanden sich in den hoch gedüngten Varianten 90 und 150 kg N/ha: 1,5 mal (1994), 2,3 mal (1995) und 4,7 mal (1996) höhere Konzentrationen.

Düngungseinfluß

Mit einer Anteilsziffer von 8% ließ sich nur ein kleiner Teil der Gesamtvariabilität der N-Konzentration im Most mit der unterschiedlichen N-Düngung erklären. Dieser Einfluß war aber hochsignifikant. Im Mittel über alle Jahre stieg die N-Konzentration im Most mit zunehmender N-Gabe kontinuierlich und signifikant an. Lediglich der Anstieg von der 30 zur 60 kg N/ha-Variante war mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 8,3% über dem Signifikanzniveau von 5%. Innerhalb der einzelnen Jahre lag der Einfluß der N-Düngung auf die N-Konzentration in der Regel über 60%, im Extremfall sogar bei 87%. Lediglich 1995 lag die Anteilsziffer mit 30% auffallend niedrig. In allen Jahren findet man einen Anstieg der N-Konzentration mit höherer N-Düngung. Dabei lagen die N-Konzentrationen im Most der 30 kg N/ha-Variante in allen Jahren sehr konstant um 25% über der Nullvariante mit Ausnahme des Jahres 1997, hier war die 30 kg N/ha-Variante um 64% höher. Die 60 kg N/ha-Variante hatte um 30-62% höhere N-Konzentrationen. In der Regel waren diese Unterschiede der 30 und 60 kg N/ha-Variante zur Nullvariante aber noch nicht signifikant absicherbar. Bei den hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) fand man eine starke Jahrgangsabhängigkeit: Während die N-Konzentrationen der Moste aus diesen Varianten in den Jahren 1995, 1996 und 1998 um 40 bis 60% über denen der Nullvariante lagen, waren sie in den Jahren 1994, 1997 und 1999 um 115 bis 200% erhöht. Diese Unterschiede waren in allen Jahren signifikant. Bezüglich der 60 kg N/ha-Variante war die N-Konzentration der Moste der 150 kg N/ha-Variante in den Jahren 1995, 1996 und 1998 lediglich um 10% nicht signifikant erhöht. In den übrigen Jahren (1994, 1997 und 1999) fand man dagegen noch eine Steigerung um 60-90%.

Die Wechselwirkung zwischen der Düngung und dem Jahrgang lag bei 1,3% und war trotz der eben beschriebenen Jahrgangsunterschiede im Düngungseinfluß nicht signifikant. Die nicht erklärbare Reststreuung lag bei 5%.

Tab. 33: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der N-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	85,2	287,6 ***						
Düngung	8,2	34,5 ***	60,5**	30,2	83,9 ***	64,7 **	87,3 ***	68,2 **
Jahr x Düngung	1,3	1,1						
Rest	5,3		39,5	69,8	16,1	35,3	12,7	31,8

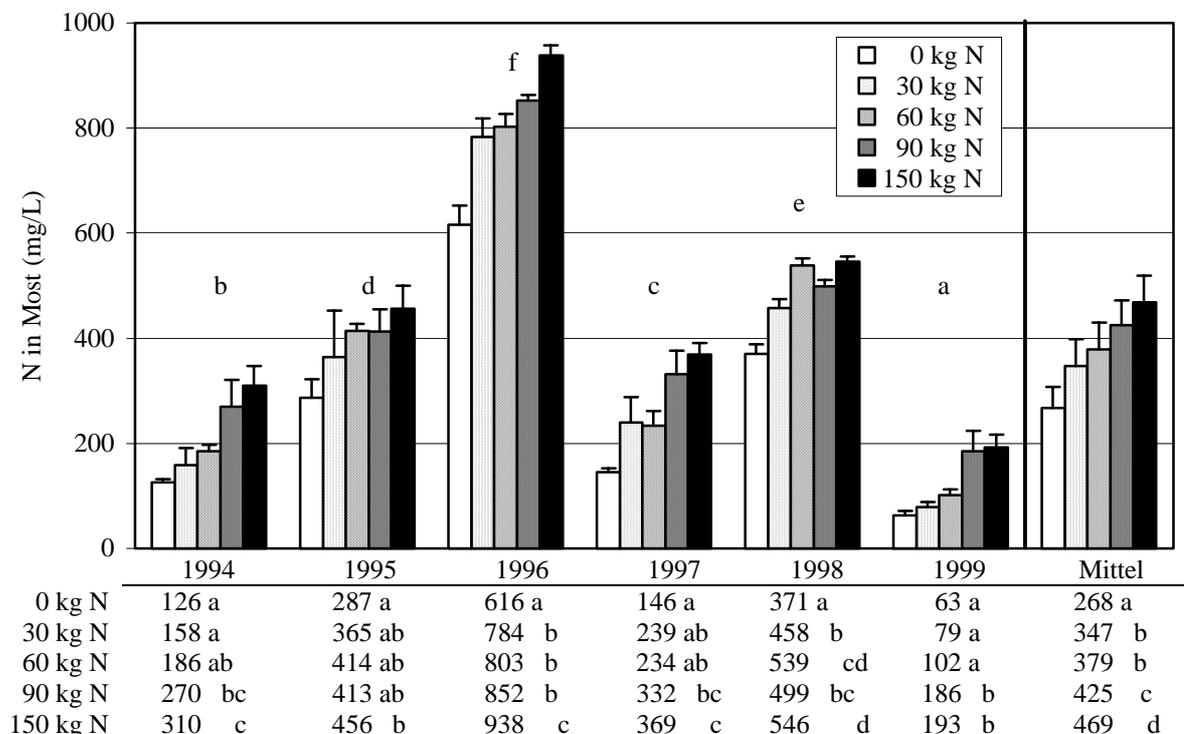


Abb. 14: N-Konzentration (mg/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.2 Gesamt-Aminosäuren

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der Aminosäurenkonzentrationen im Most war zu 90% durch den Jahrgangseinfluß erklärbar. Die Moste der Jahrgänge 1994, 1997 und 1999 wiesen die geringsten Konzentrationen auf und hatten im Durchschnitt unter 150 mg AS-N/L. Die Jahrgangsunterschiede waren eklatant. Im Jahr 1996, in dem die höchsten Aminosäurenkonzentrationen im Most mit 607 mg N/L festgestellt wurden, lagen die Werte 6,5 mal höher als 1994, dem Jahr mit den niedrigsten Konzentrationen. Selbst gegenüber dem Jahr 1998, in dem die zweithöchsten AS-Konzentrationen vorlagen (304 mg N/L), waren die Werte 1996 noch doppelt so hoch. Die Streuung innerhalb eines Jahres lag im Vergleich zu diesen Jahrgangsunterschieden deutlich darunter. Somit unterschieden sich alle Jahre hoch signifikant voneinander mit Ausnahme der beiden niedrigsten Jahre: 1994 mit 90 mg AS/L und 1999 mit 100 mg AS/L. Innerhalb der einzelnen Dünge­stufen war der Jahrgangseinfluß in den Varianten mit 0-60 kg N/ha besonders ausgeprägt. Die Moste des Jahres 1996 wiesen 8-11 mal höhere AS-Konzentrationen auf im Vergleich zu den niedrigsten Werten. Die Konzentrationen 1995 waren noch 2,2-3,7 mal höher. In den beiden hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) waren die Konzentrationen 1996 nur noch 5,5 mal und die 1995 nur noch doppelt so hoch wie in den niedrigsten Jahren.

Düngungseinfluß

Gegenüber dem Jahreseinfluß fiel der Einfluß der N-Düngung auf die Aminosäurenkonzentration im Most mit einer Anteilsziffer von 3% extrem zurück. Im Mittel über die sechs Versuchsjahre war der Düngeeinfluß jedoch prägnant: Die Nullvariante liegt hoch signifikant unter den gedüngten Parzellen, gegenüber den Varianten mit 60-150 kg N/ha sogar mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,01%. Gegenüber der nicht gedüngten Variante steigerten sich die AS-Konzentrationen im Most bei einer Düngung mit 30 kg N/ha um 30%, bei 60 kg N/ha waren es 40% und die hoch gedüngten Varianten wiesen eine Steigerung von 52 bzw. 56% auf. Auch der niedrigere Aminosäurewert in der 30 kg N/ha-Variante ließ sich gegenüber den hoch gedüngten Varianten 90 und 150 kg N/ha absichern. Der Anstieg der AS-Konzentration von der 60 auf die 150 kg N/ha-Variante betrug nur noch 11% und war nicht mehr signifikant absicherbar. Innerhalb der Jahre war der Düngungseinfluß ebenso ausgeprägt. Die Nullparzelle lag in allen Jahren in der Aminosäurenkonzentration am niedrigsten. 1994-1997 stieg die Aminosäurenkonzentration kontinuierlich mit jeder Dünge­stufe an. Auch in den Jahren 1998 und 1999 konnte man im allgemeinen einen Anstieg der AS-Konzentration mit der N-Düngung feststellen, selbst wenn 1998 die hoch gedüngten Varianten etwas unter den anderen gedüngten Varianten lagen und 1999 die AS-Konzentration in der 30 kg N/ha-Variante nach oben ausriß.

Die größten Steigerungen in den AS-Konzentrationen fand man in den schlecht versorgten Jahren. Die 150 kg N/ha-Variante wies 1999 dreimal höhere Konzentrationen auf als die Nullvariante. 1994 waren es nur 1,8 mal so viel und im sehr gut versorgten Jahr 1996 waren es nur 1,4 mal so viel. Die anderen Jahre lagen dazwischen. In den Jahren 1994 und 1999 lag der Aminosäuregehalt in keiner N-Düngungsstufe über 150 mg AS-N/L. 1997

lagen lediglich die zwei hoch gedüngten Varianten darüber, während 1995 lediglich die Nullparzelle nicht relevant über diese Untergrenze kam.

Ein signifikanter Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung konnte nicht festgestellt werden. Die Reststreuung lag bei 5,5%.

Tab. 34: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	89,5	293,7***						
Düngung	3,4	14,0***	41,1	42,9	42,1	59,2*	55,1*	46,4*
Jahr x Düngung	1,6	1,3						
Rest	5,5		58,9	57,1	57,9	40,8	44,9	53,6

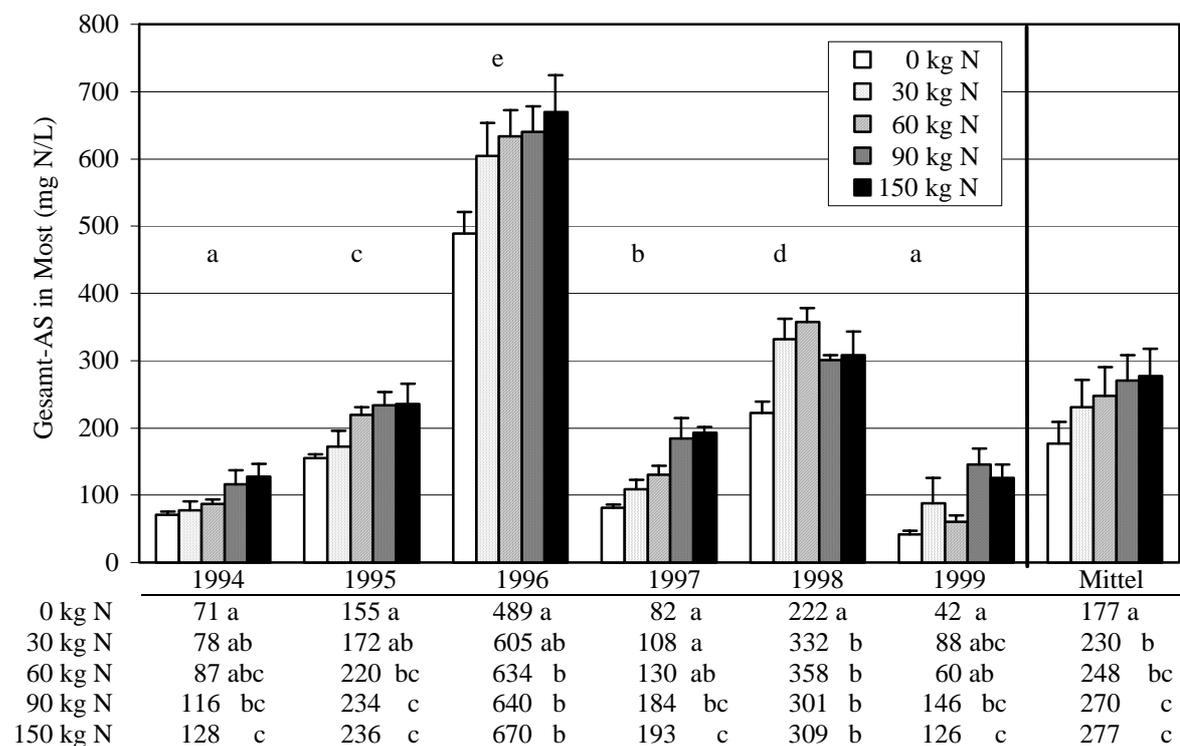


Abb. 15: Gesamt-AS-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.3 Arginin

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der Arginin-Konzentrationen im Most war zu 85% durch den Jahrgangseinfluß erklärbar. Die Moste der Jahrgänge 1994, 1997 und 1999 wiesen unterdurchschnittlich geringe Konzentrationen auf. Sie hatten im Mittel 25 (1994) - 40 mg N/L (1997) und unterschieden sich nicht signifikant. Alle anderen Jahrgangsunterschiede waren hochsignifikant. Die Jahrgangsunterschiede waren enorm hoch. 1996 wurden die höchsten Arginin-Konzentrationen im Most mit 230 mg N/L festgestellt. Damit lagen die Werte 9 mal höher als 1994, dem Jahr mit den niedrigsten Konzentrationen, und sogar noch doppelt so hoch wie 1998, wo sich die zweithöchsten Arginin-Konzentrationen (111 mg N/L) fanden. Innerhalb der einzelnen Düngestufen nahm der Jahrgangseinfluß mit zunehmender N-Düngung ab. Die Moste des Jahres 1996 wiesen 30 mal höhere Arginin-Konzentrationen auf im Vergleich zu den niedrigsten Werten. Die Konzentrationen 1995 waren noch knapp 9 mal höher. In der 60 kg N/ha-Variante lagen diese beiden Jahre noch 16 bzw. 5,4 mal über dem niedrigsten Jahr. In den beiden hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) waren die Konzentrationen 1996 nur noch 6,4 mal und die 1995 nur noch doppelt so hoch wie in dem niedrigsten Jahr.

Düngungseinfluß

Der Einfluß der N-Düngung auf die Gesamtvariabilität der Arginin-Konzentration im Most betrug 6,5%. Der Jahrgang übte also einen 10 mal höheren Einfluß aus, dennoch ist der Düngungseinfluß hochsignifikant. Im Mittel über alle Jahre stieg die Arginin-Konzentration im Most mit zunehmender N-Gabe kontinuierlich und signifikant an. Die beiden moderat gedüngten Varianten und die beiden hoch gedüngten Varianten bildeten dabei statistisch homogene Gruppen und unterschieden sich signifikant von der Nullvariante sowie voneinander. Im Vergleich zur nicht gedüngten Variante steigerten sich die Arginin-Konzentrationen im Most bei einer Düngung mit 30 kg N/ha um durchschnittlich 50%, bei 60 kg N/ha waren es 60%, und die hoch gedüngten Varianten wiesen eine Steigerung von 90 bzw. 100% auf. Selbst zur 60 kg N/ha-Variante fand man eine Steigerung der Arginin-Konzentration im Most von 20 bzw. 30% durch höhere N-Gaben (90 bzw. 150 kg N/ha). Innerhalb der einzelnen Jahre lag der Einfluß der N-Düngung auf die Arginin-Konzentration zwischen 45% (1998) und 75% (1997). Die Arginin-Konzentration stieg in allen Jahren mit höherer N-Düngung. 1994-1997 stieg die Arginin-Konzentration kontinuierlich mit jeder Düngestufe an. 1998 lagen die gedüngten Varianten alle deutlich über der Nullvariante auf demselben Niveau. 1999 riß die 30 kg N/ha-Variante etwas nach oben aus, die Arginin-Konzentration lag dennoch deutlich unter den hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha). Statistisch gesehen waren in diesen Jahren die 0-60 kg N/ha-Varianten homogen und unterschieden sich nicht signifikant. Der Anstieg der Arginin-Konzentration im Most bei N-Düngung hing dabei von ihrem Niveau ab: In den Jahren mit niedrigen Konzentrationen (1994, 1997, 1999) findet man von der Nullvariante zur hoch gedüngten Variante eine Steigerung um das 4 bis 9-fache, in den gut versorgten Jahren (1995, 1996, 1998) betrug die Steigerung nur das 1,8 bis 2,8-fache.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Arginin-Konzentration lag bei 2,3% (nicht signifikant mit Irrtumswahrscheinlichkeit 8,7%). Die Reststreuung lag bei 6,7%.

Tab. 35: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Arg-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	84,4	225,4***						
Düngung	6,5	21,7***	62,0**	52,2*	51,9*	75,0***	45,1*	48,6*
Jahr x Düngung	2,3	1,5						
Rest	6,7		38,0	47,8	48,1	25,0	54,9	51,4

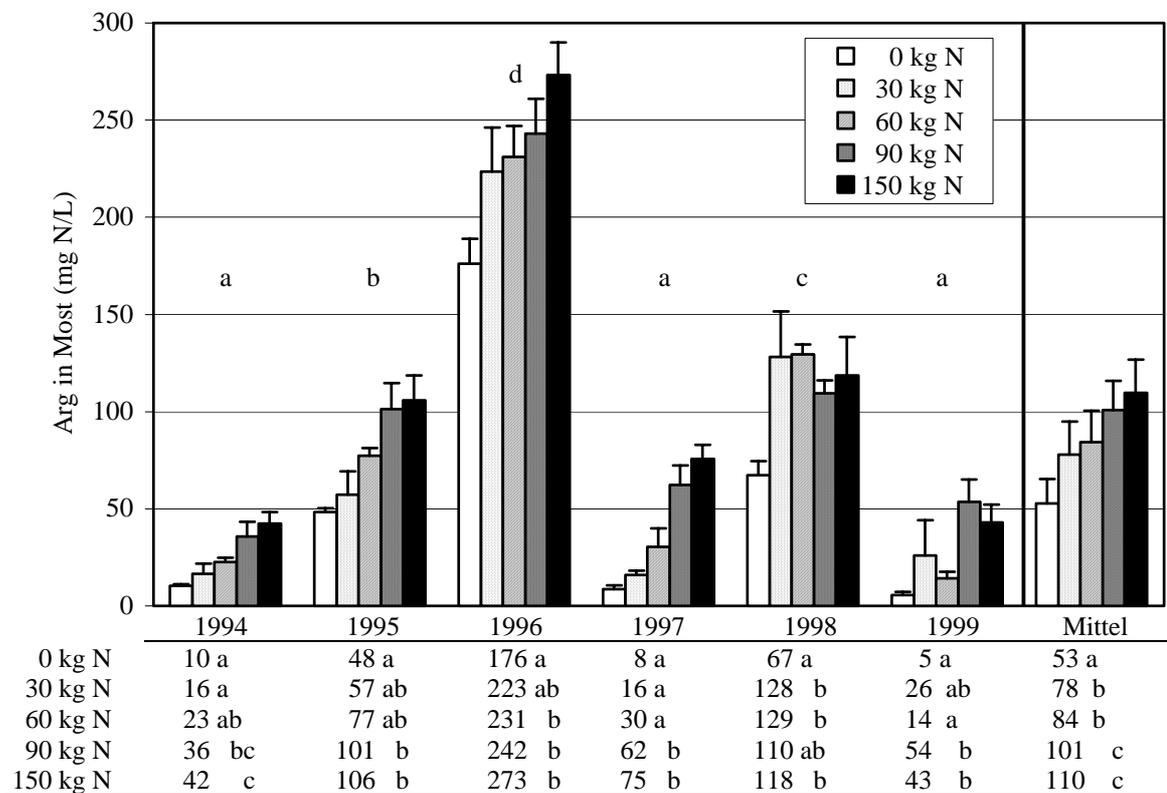


Abb. 16: Arg-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.4 Glutamin

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der Glutamin-Konzentrationen im Most war zu 85% durch den Jahrgangseinfluß erklärbar. Die niedrigsten Konzentrationen fanden sich 1999 und 1994 mit 16 bzw. 18 mg N/L. Danach folgen die Jahre 1997 und 1995 mit 34 bzw. 38 mg N/L. Diese beiden Gruppen waren jeweils statistisch homogen. Alle anderen Jahrgangsunterschiede waren signifikant, wobei sich die höchsten Glutamin-Konzentrationen 1998 (94 mg N/L) und 1996 (155 mg N/L) fanden. Die Konzentrationen 1996 waren damit über 9 mal höher als 1999. Betrachtet man den Jahrgangseinfluß in den einzelnen Dünungsstufen separat, so kann man in den Varianten mit 0-60 kg N/ha noch größere Spannen feststellen: Gegenüber den niedrigsten Jahreswerten betrug die Glutamin-Konzentration 1996 das 10 bis 15-fache, und 1995 das 2,2 bis 3,8-fache. Bei sehr hoher N-Düngung (90 bzw. 150 kg N/ha) nahm der Jahrgangseinfluß ab. Die Moste des Jahres 1996 wiesen 7,2-7,8 mal höhere Glutamin-Konzentrationen auf im Vergleich zu den niedrigsten Werten. Die Konzentrationen 1995 waren 1,7-2,1 mal höher.

Düngungseinfluß

Der Einfluß der N-Düngung auf die Gesamtvariabilität der Glutamin-Konzentration im Most betrug 4,4%. Auch wenn der Jahrgang einen 20 mal höheren Einfluß ausübte, war der Düngungseinfluß hochsignifikant. Mit zunehmender N-Gabe stieg im Mittel über alle Jahre die Glutamin-Konzentration im Most nahezu kontinuierlich an. Die Nullvariante lag signifikant unter allen gedüngten Varianten, im Vergleich zu ihr steigerten sich die Glutamin-Konzentrationen im Most bei einer Düngung mit 30 kg N/ha um durchschnittlich 50%, bei 60 kg N/ha waren es 73%. Die höchste Steigerung war gegenüber der 90 kg N/ha-Variante (81%) zu verzeichnen, die sich außer von der Nullvariante auch von der 30 kg N/ha-Variante unterschied. Die übrigen Unterschiede im Mittel über alle Jahre waren gering und nicht signifikant. Innerhalb der einzelnen Jahre lag der Einfluß der N-Düngung auf die Glutamin-Konzentration zwischen 12% (1999) und 53% (1996). Gegenüber der nicht gedüngten Variante konnte man in allen Jahren einen Anstieg der Glutamin-Konzentration bei einer N-Düngung feststellen. Eine höhere Düngung über 60 kg N/ha hinaus bewirkte nur in drei Jahren eine Steigerung der Glutamin-Konzentrationen (1994, 1997 und 1999), in den anderen Jahren blieb die Glutamin-Konzentration gleich (1995) oder sank sogar wieder ab (1996 und 1998). Die niedrigsten Steigerungsraten in der Glutamin-Konzentration im Most findet man in den gut versorgten Jahren 1995, 1996 und 1998. Von der Nullvariante zur hoch gedüngten Variante war in diesen Jahren eine Steigerung um das 1,5 bis 1,7-fache zu verzeichnen. In den Jahren mit niedriger AS-Konzentration (1994, 1997, 1999) betrug die Steigerung dagegen das 2,6 bis 3-fache.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Glutamin-Konzentration war signifikant und lag bei 3,2%. Die Reststreuung lag bei 7,6 %.

Tab. 36: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gln-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	84,8	199,9***						
Düngung	4,4	12,8***	46,2*	35,3	53,2*	40,7	48,9*	11,6
Jahr x Düngung	3,2	1,9*						
Rest	7,6		53,8	64,7	46,8	59,3	51,1	88,4

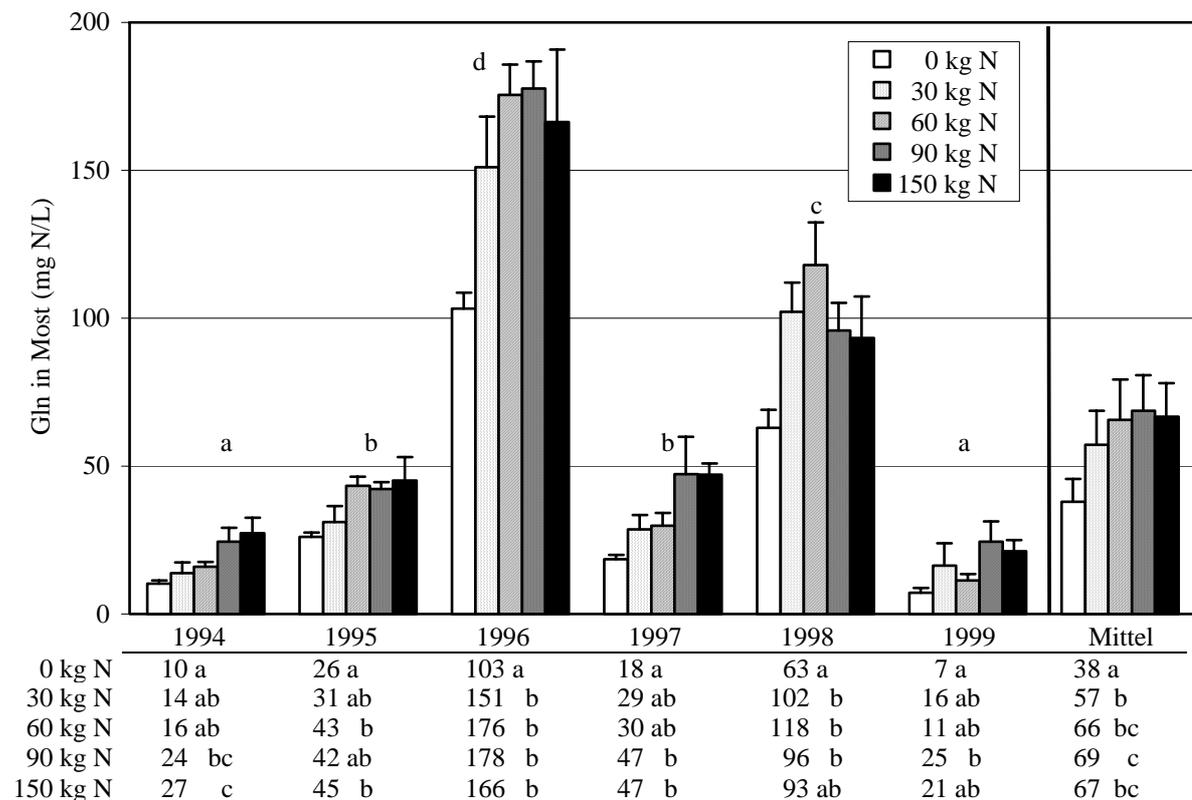


Abb. 17: Gln-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.5 Alanin

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der Alanin-Konzentrationen im Most war zu 75% durch den Jahrgangseinfluß erklärbar. Die Moste der Jahrgänge 1994, 1997 wiesen die geringsten Konzentrationen auf (5,3 bzw. 4,8 mg N/L), ohne sich signifikant zu unterscheiden. Es folgten die beiden Jahrgänge 1999 (6,5 mg N/L) und 1998 (8,8 mg N/L), deren Unterschiede ebenfalls nicht absicherbar waren. Alle anderen Jahrgangsdifferenzen waren signifikant. Gegenüber dem Jahr 1997 waren die Alanin-Konzentrationen 1996, im Jahr mit den höchsten Werten, viermal so groß, 1995, im zweithöchsten Jahr noch 2,4 mal so hoch. Innerhalb der einzelnen Düngegruppen nahm der Jahrgangseinfluß mit zunehmender N-Düngung ab. In den Varianten mit 0-30 kg N/ha wiesen die Moste des Jahres 1996 5,3 mal höhere Alanin-Konzentrationen auf im Vergleich zu den niedrigsten Werten. Die Konzentrationen 1995 waren noch 2,7 mal höher. In den beiden hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) waren die Konzentrationen 1996 nur noch 3,3 mal und die 1995 nur noch doppelt so hoch wie in dem niedrigsten Jahr.

Düngungseinfluß

Der Einfluß der N-Düngung auf die Gesamtvariabilität der Alanin-Konzentration im Most war hochsignifikant und betrug 11%. Unter allen Aminosäuren wurde die Alanin-Konzentration damit am stärksten von der N-Düngung beeinflusst. Im Mittel über alle Jahre stieg die Alanin-Konzentration im Most mit zunehmender N-Gabe kontinuierlich und signifikant an. Die beiden moderat gedüngten Varianten und die beiden hoch gedüngten Varianten bildeten dabei statistisch homogene Gruppen und unterschieden sich signifikant von der Nullvariante sowie voneinander. Im Vergleich zur nicht gedüngten Variante steigerten sich die Alanin-Konzentrationen im Most bei einer Düngung mit 30 kg N/ha um durchschnittlich 44%, bei 60 kg N/ha waren es 66%, und die hoch gedüngten Varianten wiesen eine Steigerung von 87% auf. Selbst zur 60 kg N/ha Variante fand man eine signifikante Steigerung der Alanin-Konzentration im Most um 10% durch höhere N-Gaben (90 bzw. 150 kg N/ha). Innerhalb der einzelnen Jahre liegt der Einfluß der N-Düngung auf die Alanin-Konzentration zwischen 45% (1994) und 74% (1997). Ein kontinuierlicher Anstieg der Alanin-Konzentration mit höherer N-Düngung konnte nur in den Jahren 1994, 1996 und 1997 festgestellt werden. 1995 stieg die Alanin-Konzentration bis zur 60 kg N/ha-Variante an und sank mit weiter zunehmenden N-Gaben wieder ab. 1998 lagen alle gedüngten Varianten auf demselben Niveau und deutlich über der Nullvariante. Ein Ausreißer in den Feldwiederholungen der 30 kg N/ha-Variante führte 1999 zu gleichen Konzentrationen in den 30 und 60 kg N/ha-Varianten. Die hoch gedüngten Varianten lagen deutlich darüber, doch nur der Unterschied zur 90 kg N/ha-Variante war signifikant, in der 150 kg N/ha-Variante lag die Alanin-Konzentration wieder etwas niedriger. Der Anstieg von der nicht gedüngten Variante zur 30 kg N/ha-Variante ließ sich nur 1996 und 1998 mit 34 bzw. 57% höheren Alanin-Konzentrationen absichern. 1994 und 1999 ließen sich selbst die 0 und 60 kg N/ha-Varianten nicht signifikant unterscheiden, obwohl eine Steigerung von 47 bzw. 110% verzeichnet werden konnte. Der Anstieg der Alanin-Konzentration im Most von der Nullvariante zur 150 kg N/ha-Variante betrug in den Jahren mit niedrigen Konzentrationen (1994, 1997, 1999) das

2,1 bis 3,6-fache. In den gut versorgten Jahren (1995, 1996, 1998) betrug die Steigerung nur das 1,4 bis 1,8-fache.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Alanin-Konzentration war mit 3,6% relativ groß, war aber mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit 9,6% nicht signifikant. Die Reststreuung lag bei 10,7%.

Tab. 37: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Ala-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	74,7	125,9***						
Düngung	11,0	23,1***	44,6*	49,8*	60,5**	74,3***	54,7**	51,4*
Jahr x Düngung	3,6	1,5						
Rest	10,7		55,4	50,2	39,5	25,7	45,3	48,6

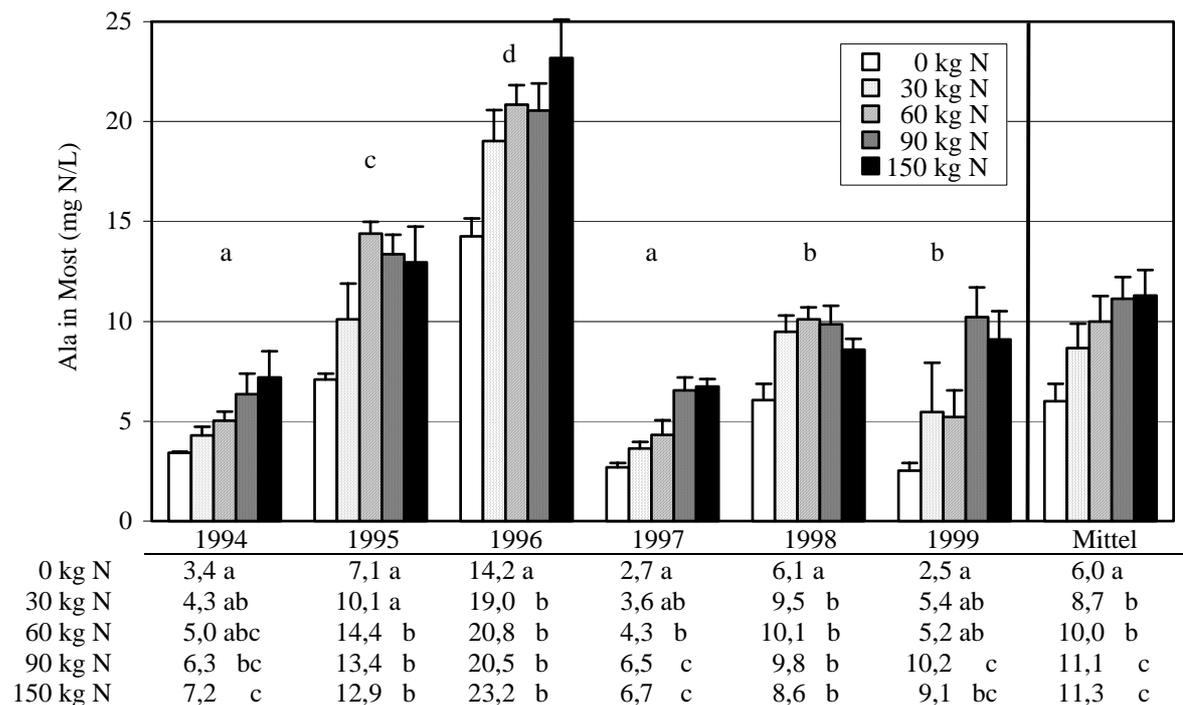


Abb. 18: Ala-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.6 Prolin

Jahrgangseinfluß

Die Streuung in den Prolin-Konzentrationen im Most ließ sich zu 84% durch den Jahrgangseinfluß erklären. Das Muster ähnelt dem von den Gesamt-Aminosäuren: 1994 und 1999 fanden sich die niedrigsten Konzentrationen, 1996 dagegen die höchsten. Im Unterschied zu den Gesamt-AS lagen die Prolin-Werte im zweithöchsten Jahr 1998 nur wenig und nicht signifikant unter denen von 1996, außerdem war die Konzentration 1997 höher als 1995, während das Verhältnis bei den Gesamt-AS umgekehrt war. Des weiteren unterschieden sich die Jahrgänge nicht so extrem, wie bei den Gesamt-AS festgestellt wurde. Die Prolin-Konzentration war 1996 mit 50 mg N/L aber immer noch fast viermal so hoch wie im Jahr 1994 mit den niedrigsten Konzentrationen (13 mg N/L) und 1,7 mal so hoch wie 1997, dem Jahr mit durchschnittlicher Prolin-Konzentration (29 mg N/L). Innerhalb der verschiedenen Düngestufen nahm der Jahrgangseinfluß mit zunehmender Düngung ab. Die Nullvariante hatte 1996 gegenüber dem Jahr 1999 knapp 8 mal so hohe Prolin-Konzentration, in den hoch gedüngten Varianten dagegen nur 2,1-2,4 mal so hohe Werte. Dieser Effekt beruhte aber ausschließlich auf dem Ausnahmejahr 1999 (s. Düngungseinfluß). In den Jahren 1994-1998 gab es keine unterschiedlichen Jahrgangseinflüsse in Abhängigkeit von der N-Düngung.

Düngungseinfluß

Eine allgemeine Abhängigkeit von der N-Düngung war nicht gegeben. Der Anteil an der Streuung lag nahe bei 0%. Innerhalb eines Jahrgangs waren lediglich 1999 signifikante Unterschiede festzustellen. In diesem Jahr war eine große Steigerung in der Prolin-Konzentration von 7 mg N/L in der nicht gedüngten Variante auf 20 mg N/L in den beiden hoch gedüngten Varianten zu beobachten. Der Einfluß der N-Düngung auf die Variabilität der Prolin-Konzentration im Most 1999 lag bei 55%; in den restlichen Jahren dagegen unter 20%.

Aufgrund der Ausnahme im Jahr 1999 war der Anteil der Wechselwirkung zwischen Düngung und Jahrgang an der Gesamtvariabilität mit 3% relativ groß ohne signifikant zu sein. Die Reststreuung lag bei 12%.

Tab. 38: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Pro-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	84,3	122,4***						
Düngung	0,1	0,2	18,2	20,8	10,0	17,2	1,3	55,7
Jahr x Düngung	3,2	1,2						
Rest	12,4		81,8	79,2	90,0	82,8	98,7	44,3

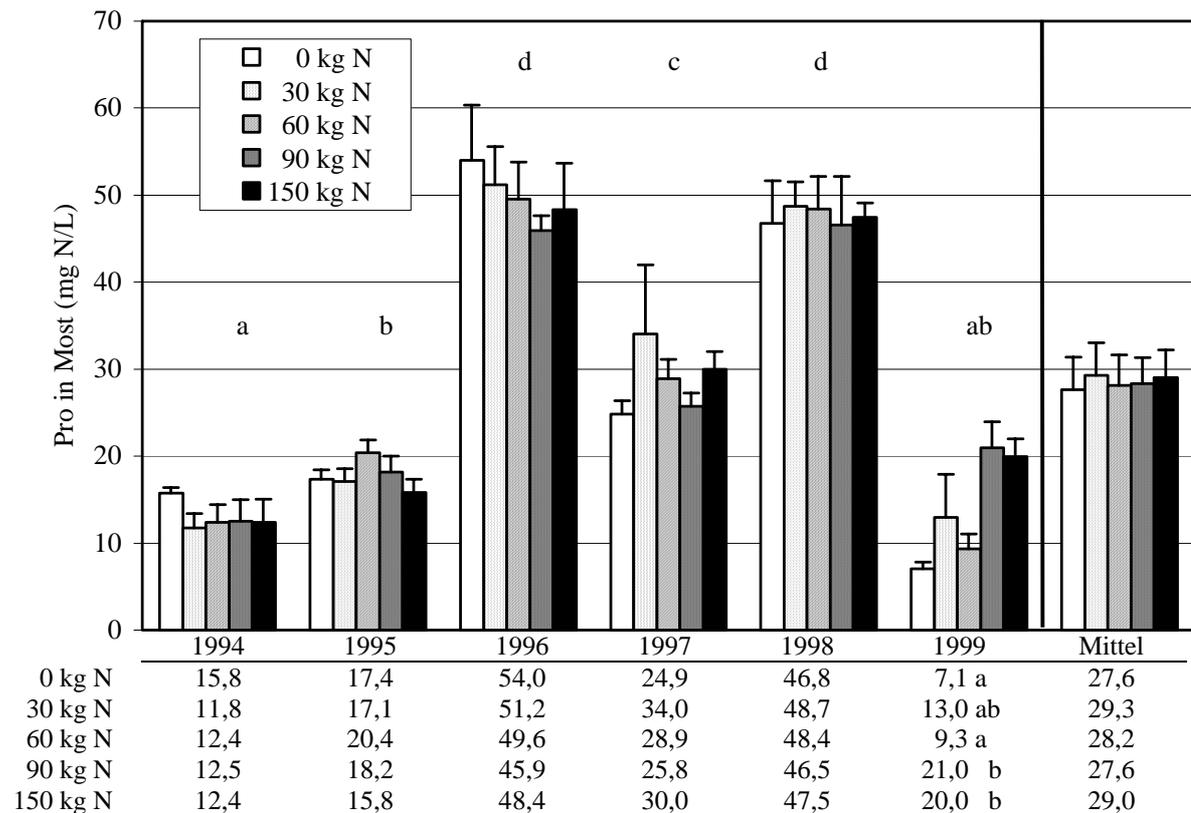


Abb. 19: Pro-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.7 Leucin/Phenylalanin

Jahrgangseinfluß

Leucin und Phenylalanin ließen sich mit dem verwendeten chromatographischen Verfahren nicht trennen, weshalb sie als Summe aufgeführt sind. Die Streuung in den Leucin/Phenylalanin-Konzentrationen im Most ließ sich zu 89% durch den Jahrgangseinfluß erklären. 1994, 1997 und 1999 hatten mit deutlichem Abstand die niedrigsten Konzentrationen: 3,6; 6,2 und 1,7 mg N/L. Der Unterschied von 1994 zu den Jahren 1997 bzw. 1999 war dabei nicht signifikant, alle anderen Jahre unterschieden sich dagegen signifikant voneinander. Im Jahr 1996 fanden sich die höchsten Leucin/Phenylalanin-Konzentrationen (44 mg N/L). Die Jahre 1995 und 1998 lagen mit 18,3 und 14,8 mg N/L in der Mitte. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Jahrgängen waren sehr groß. Die Leucin/Phenylalanin-Konzentrationen lagen 1998 knapp 9 mal und 1996 sogar 25 mal höher als in 1999. Innerhalb der verschiedenen Düngestufen war der Jahrgangseinfluß in den hoch gedüngten Varianten deutlich niedriger: Die Leucin/Phenylalanin-Konzentration lag 1998 in der 150 kg N/ha-Variante 6 mal und 1996 noch 16 mal höher als in 1999. In den Varianten mit 0-60 kg N/ha fand man dagegen gegenüber 1999 in 1995 12-15 mal und 1996 35-40 mal höhere Konzentrationen.

Düngungseinfluß

Eine allgemeine Abhängigkeit von der N-Düngung war nicht gegeben. Der Anteil an der Streuung lag bei 0,5%. Innerhalb eines Jahrgangs waren lediglich 1995 und 1999 signifikante Unterschiede festzustellen. In diesen beiden Jahren lag der Einfluß der N-Düngung auf die Variabilität der Leucin/Phenylalanin-Konzentrationen im Most bei 35%; in den restlichen Jahren dagegen unter 20%. 1995 lag die Leucin/Phenylalanin-Konzentration in der Nullvariante mit 23 mg N/L signifikant um 50% über den Konzentrationen der beiden hoch gedüngten Varianten. Die 30 und 60 kg N/ha-Varianten lagen noch 30% darüber. Auch 1996 lagen die Leucin/Phenylalanin-Konzentrationen in beiden hoch gedüngten Varianten 20 bis 25% unter den restlichen Varianten. Diese Unterschiede waren aber nicht statistisch absicherbar. 1999 konnte man dagegen eine leichte Steigerung der Leucin/Phenylalanin-Konzentration bei N-Düngung feststellen. Die beiden hoch gedüngten Varianten lagen mit 2,0 und 2,4 mg N/L etwas über den 0-30 kg N/ha-Varianten mit 1,2-1,4 mg N/L. Der niedrigste Wert fand sich allerdings in der 60 kg N/ha-Variante, die sich damit als einzige signifikant von der 150 kg N/ha-Variante unterschied.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Leucin/Phenylalanin-Konzentration war nicht signifikant und lag bei 1,8%. Die Reststreuung lag bei 9,2%.

Tab. 39: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Leu/Phe-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	88,5	173,7***						
Düngung	0,5	1,3	7,1	36,7	18,4	17,5	11,6	34,7
Jahr x Düngung	1,8	0,9						
Rest	9,2		92,9	63,3	81,6	82,5	88,4	65,3

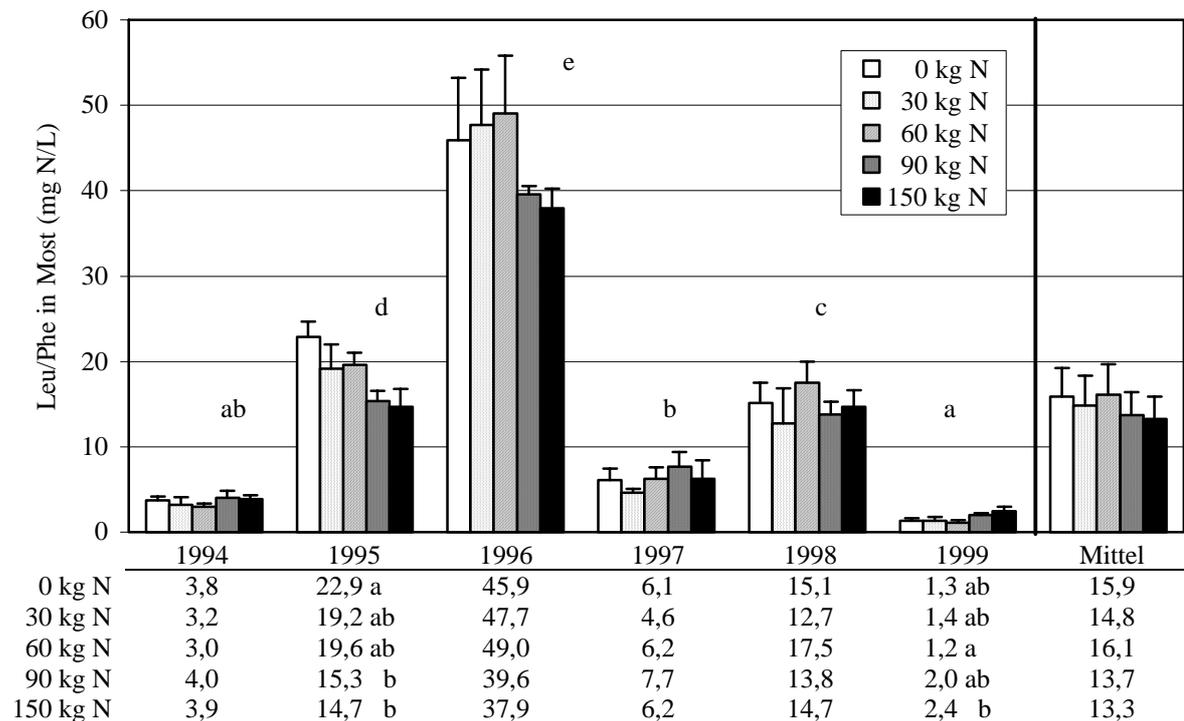


Abb. 20: Leu/Phe-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.8 Valin

Jahrgangseinfluß

Die Streuung in den Valin-Konzentrationen im Most ließ sich zu 96% durch den Jahrgangseinfluß erklären. Die mit großem Abstand höchsten Konzentrationen fanden sich 1996 mit durchschnittlich 17,8 mg N/L. In allen anderen Jahren lagen die Jahresmittel unter 5 mg N/L. 1999 waren die Valin-Konzentrationen im Most am niedrigsten (0,8 mg N/L) es folgen die Jahrgänge 1994 mit 2,1 und 1997 mit 3 mg N/L. In den beiden restlichen Jahren 1995 und 1998 lagen die Konzentrationen bei 4,2 und 4,8 mg N/L, wobei sich diese beiden Jahre nicht signifikant unterschieden. Alle anderen Unterschiede zwischen den Jahrgängen waren signifikant. Im Vergleich zum Jahr 1999 war die Valin-Konzentration 1996 etwa 23 mal höher, und 1998 noch 6 mal höher. Innerhalb der verschiedenen Dünge­stufen war der Jahrgangseinfluß gleichbleibend groß.

Düngungseinfluß

Eine allgemeine Abhängigkeit von der N-Düngung ist nicht gegeben. Der Anteil an der Streuung lag bei 0,1%. Innerhalb eines Jahrgangs waren lediglich 1995 und 1998 signifikante Unterschiede festzustellen. In diesen beiden Jahren sowie 1999 lag der Einfluß der N-Düngung auf die Variabilität der Valin-Konzentrationen im Most bei 30%. In den restlichen Jahren lag er bei 9-16%. 1995 lag die Valin-Konzentration in der Nullvariante mit 4,8 mg N/L um 40% bzw. 30% über den Konzentrationen der hoch gedüngten Varianten, wobei nur der Unterschied zur 90 kg N/ha-Variante signifikant war. 1998 konnte dagegen tendenziell ein Anstieg der Valin-Konzentration bei N-Düngung festgestellt werden. Die Nullvariante verzeichnete die niedrigsten Werte, hier ließ sich aber nur der Unterschied zur 60 kg N/ha-Variante absichern, die eine um 30% höhere Konzentration vorwies.

Ein Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Valin-Konzentration konnte nicht festgestellt werden. Die Reststreuung lag bei 3,3%.

Tab. 40: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Val-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	96,1	527,7***						
Düngung	0,1	0,4	9,0	29,9	10,5	16,2	30,3	28,5
Jahr x Düngung	0,6	0,8						
Rest	3,3		91,0	70,1	89,5	83,8	69,7	71,5

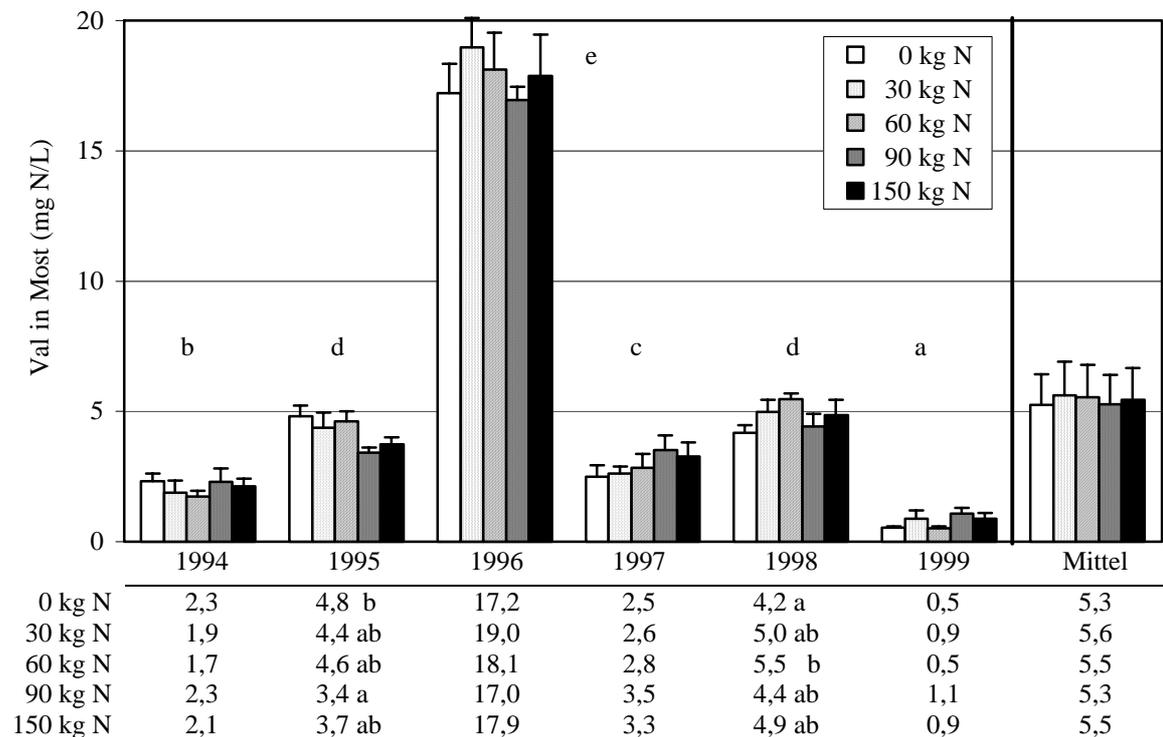


Abb. 21: Val-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.9 Tryptophan

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den Tryptophan-Konzentrationen im Most betrug 89%. Alle Jahrgänge unterschieden sich signifikant voneinander. Die niedrigsten Tryptophan-Konzentrationen fanden sich in den Jahren 1999 und 1998 mit 0,63 bzw. 0,96 mg N/L. Die höchsten Werte wurden in den Jahren 1995 (3,65 mg N/L) und 1996 (4,43 mg N/L) erreicht. Die Konzentrationen in 1994 und 1997 lagen mit ca. 2 mg N/L dazwischen. In dem Jahr mit den höchsten Tryptophan-Konzentrationen 1996 wurden damit 7 mal höhere Werte festgestellt als 1999, dem Jahr mit den niedrigsten Konzentrationen. In 1997, ein Jahr mit mittlerer Tryptophan-Konzentration, war sie dreimal so hoch wie in 1999. Innerhalb der verschiedenen Dünge­stufen war der Jahrgangseinfluß genauso groß.

Düngungseinfluß

Der allgemeine Einfluß der N-Düngung auf die Tryptophan-Konzentration lag lediglich bei 1,5%. Dieser geringe Einfluß war statistisch hochsignifikant absicherbar. Im Mittel über alle Jahre fanden sich die höchsten Tryptophan-Konzentrationen in der 30 kg N/ha-Variante, gefolgt von der Nullvariante. Die höher gedüngten Varianten (60-150 kg N/ha) lagen in ihren Tryptophan-Konzentrationen 5-10% unter der Nullvariante, wobei sich nur der Unterschied zur 90 kg N/ha-Variante absichern ließ. Die 30 kg N/ha-Variante unterschied sich dagegen von allen anderen Varianten signifikant. Diese Verteilung mit den höchsten Konzentrationen in der 30 kg N/ha-Variante, gefolgt von der Nullvariante, fand sich ebenso in den Jahrgängen 1994 und 1995. Sie war in diesen Jahren noch ausgeprägter, die 30 kg N/ha-Variante lag in ihren Tryptophan-Konzentrationen 20% über der Nullvariante, die restlichen gedüngten Varianten lagen dagegen bis zu 25-40% darunter. Auch 1996 fand sich ein Absinken der Tryptophan-Konzentration mit zunehmender N-Düngung. Die Nullvariante wies hier aber die höchste Konzentration auf. Die Varianten 60-150 kg N/ha lagen mit knapp 10% signifikant darunter. Demgegenüber konnte man 1998 eine leichte Steigerung der Tryptophan-Konzentration bei N-Düngung feststellen. Die gedüngten Varianten lagen signifikant um 50-100% über der Nullvariante. Der Einfluß der N-Düngung auf die Gesamtvariabilität lag in den beschriebenen Jahren (1994, 1995, 1996, 1998) signifikant bei 50-70%. 1997 und 1999 konnte bei einer Anteilsziffer von 15 bzw. 2,4% kein Düngungseinfluß festgestellt werden.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Tryptophan-Konzentration war hoch signifikant und mit 4% relativ hoch. Die Reststreuung lag bei 5%.

Tab. 41: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Trp-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	89,3	311,4***						
Düngung	1,5	6,7***	47,6*	69,2***	51,8*	14,7	53,2*	2,4
Jahr x Düngung	4,0	3,5***						
Rest	5,1		52,4	30,8	48,2	85,3	46,8	97,6

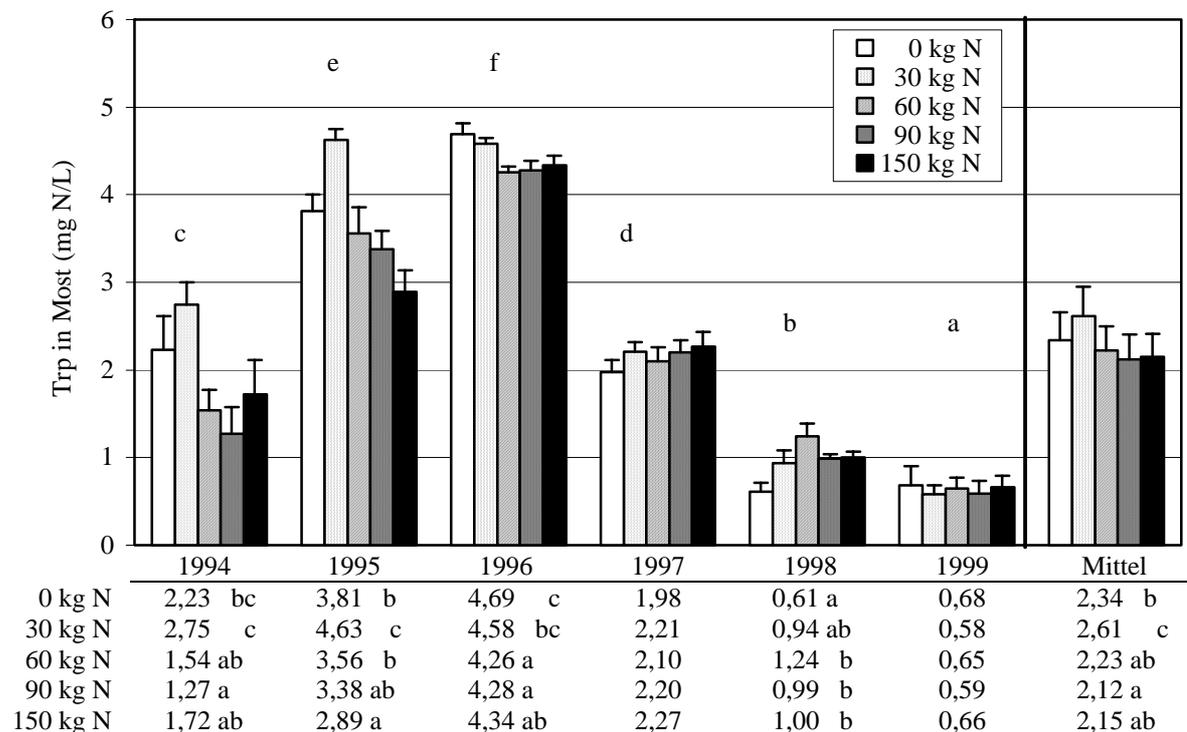


Abb. 22: Trp-Konzentration (mg N/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.10 Weitere Aminosäuren

Die Aminosäuren lassen sich nach ihrer Reaktion auf die N-Düngung in drei Gruppen aufteilen: starker Düngungseinfluß, kein bzw. indifferenter Düngungseinfluß.

Von den Aminosäuren, auf die ein **starker Düngungseinfluß** ausgeübt wurde, wurden Arginin, Glutamin und Alanin schon im Detail beschrieben. Ebenfalls in diese Gruppe fallen c-Aminobuttersäure, Threonin, Citrullin, Lysin und Ornithin. Die höchsten Jahresdurchschnittswerte an **c-Aminobuttersäure** fanden sich 1996 und 1995 mit 15,9 und 10,1 mg N/L. Die niedrigsten Konzentrationen wiesen die Jahre 1997 und 1998 mit 3,8 mg N/L auf. In den übrigen zwei Jahren lagen die Werte bei 7,9 mg N/L (1994) sowie 6,2 mg N/L (1999). Bis auf das Jahr 1994 fand sich in der Nullvariante in allen Jahren die niedrigste c-Aminobuttersäure-Konzentration. In den Jahrgängen 1995, 1996 und 1999 fand sich ein deutlicher, nahezu kontinuierlicher Anstieg der Konzentration mit zunehmender N-Düngung. 1997 und 1998 unterschieden sich die Werte der gedüngten Varianten nur wenig, 1994 fanden sich in den hochgedüngten Varianten tendenziell höhere c-Aminobuttersäure-Konzentrationen. Die höchsten **Threonin**-Konzentrationen fanden sich 1998 (10,9) und 1997 (8,8 mg N/L). Im Jahr 1994 lagen die Werte am niedrigsten (3,6 mg N/L), in den anderen Jahren fanden sich Durchschnittskonzentrationen um 5,5 mg N/L. In den Jahren 1994 und 1995 nahm die Threonin-Konzentration kontinuierlich mit der N-Düngung zu. 1995 waren diese Unterschiede aber nicht signifikant. 1997 und 1999 wiesen vor allem die hochgedüngten Varianten stark erhöhte Werte auf, während 1996 und 1998 kein Düngungseinfluß festgestellt wurde. Die **Citrullin**-Konzentrationen im Most lagen 1997 bis 1999 unterhalb der Nachweisgrenze. 1994 und 1995 fanden sich durchschnittlich 1 mg N/L. Extrem hohe Werte wies das Jahr 1996 mit über 6 mg N/L auf. Die Konzentration war in der Nullvariante immer signifikant niedriger. Zwischen den gedüngten Varianten fand sich 1996 kein Unterschied, in den anderen beiden Jahren (1994, 1995) nur in der Tendenz eine zusätzliche Steigerung bei zunehmender N-Düngung. Die **Lysin**-Konzentration im Jahr 1999 riß mit durchschnittlich 1,95 mg N/L nach oben aus. In den anderen Jahren folgte sie dem Muster der Gesamt-AS mit den Werten von 0,1 mg N/L (1994) bis 1 mg N/L (1996). 1998 konnte kein Düngungseinfluß festgestellt werden, in den anderen Jahren nahm die Lysin-Konzentration mit der N-Düngung deutlich zu. 1994 bis 1997 war der Anstieg kontinuierlich, 1999 fanden sich in der 30 kg N/ha-Variante höhere Werte als in den Varianten mit 60 und 90 kg N/ha. **Ornithin** wurde in gleicher Weise und Stärke vom Jahrgang beeinflusst wie die Gesamt-AS. Mit großem Abstand die höchste Durchschnittskonzentration fand sich 1996 mit 1,32 mg N/L. Dagegen wiesen die Jahre 1994 (0,1 mg N/L) und 1997 (0,06 mg N/L) die niedrigsten Konzentrationen an Ornithin auf. Der Düngungseinfluß war insbesondere 1996 sehr ausgeprägt, hier fanden sich kontinuierlich zunehmende Konzentrationen mit der N-Düngung. 1994 war die Nullvariante signifikant niedriger, 1997 lagen die Konzentrationen in den Düngevarianten mit 0-60 kg N/ha gegenüber der hochgedüngten Variante niedriger. In den übrigen Jahren fand sich kein Einfluß der N-Düngung.

Neben Prolin, Leucin/Phenylalanin und Valin konnte auch auf iso-Leucin **kein Düngungseinfluß** festgestellt werden. 1998 waren die **iso-Leucin**-Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze, davon abgesehen fanden sich die niedrigsten Werte 1999 (0,23 mg N/L). Die höchsten Konzentrationen wurden 1996 gemessen (11,55 mg N/L), in den anderen Jahren lagen die Durchschnittswerte zwischen 1,17 mg N/L (1994) und 3,34 mg N/L (1995). 1995 waren die iso-Leucin-Konzentrationen in den hochgedüngten

Varianten signifikant höher als in der Nullvariante (in der sich der höchste Wert fand). 1996 waren die Konzentrationen in den hochgedüngten Varianten dagegen tendenziell erhöht. In den anderen Jahren fand sich kein Düngungseinfluß.

Die Gruppe der **indifferenten** Aminosäuren machte einen Anteil von 5,4% an den Gesamt-AS aus. Die Aminosäuren in dieser Gruppe kamen nur in geringen Konzentrationen im Most vor, so dass sie sich oft im Bereich der Nachweisgrenze befanden. Aus meßtechnischen Gründen ist eine Aussage über diese Aminosäuren nur beschränkt möglich. Für genauere Ergebnisse wäre eine Analytik mit niedrigerer Nachweisgrenze nötig. Die höchsten **Glutaminsäure**-Konzentrationen fanden sich in den Jahren 1996 (7,42 mg N/L) und 1999 (6,16 mg N/L). Die niedrigsten Werte wurden 1997 (0,46 mg N/L) verzeichnet. In den übrigen Jahren (1995, 1996, 1998) lagen die Glutaminsäure-Konzentrationen um 3 mg N/L. Die Moste der Nullvariante wiesen 1995 signifikant niedrigere Glutaminsäure-Konzentrationen auf. Auch 1994 und 1996 waren tendenziell niedrigere Werte unter N-Mangel zu beobachten. Die **Serin**-Konzentration lag 1996 im Durchschnitt bei 9,5 mg N/L. In den anderen Jahren wurden zwischen 1,9 mg N/L (1997) und 3,9 mg N/L (1995) gefunden. Einen tendenziell positiven Düngungseinfluß konnte man 1994, 1996 und 1997 feststellen. Die höchsten **Glycin**-Konzentrationen (13,1 mg N/L) fanden sich mit großem Abstand 1996. In den anderen Jahren wurden lediglich zwischen 0,5 (1998) und 1,6 mg N/L (1995) gefunden. 1996 fanden sich auch signifikant niedrigere Werte in der Nullvariante. Die **Asparaginsäure**-Konzentrationen lagen 1997 bis 1999 zum überwiegenden Teil unterhalb der Nachweisgrenze. In den übrigen Jahren (1994-1996) konnte dagegen ein deutlich positiver Düngungseffekt festgestellt werden, der sich 1995 und 1996 signifikant absichern ließ. Überdurchschnittliche **Tyrosin**-Konzentrationen fanden sich in den Jahren 1998 (0,52 mg N/L), 1995 (0,88 mg N/L) und 1996 (1,94 mg N/L). In den anderen Jahrgängen lagen die Konzentrationen zwischen 0,17mg N/L (1999) und 0,27 mg N/L (1994). Ein tendenziell positiver Düngungseinfluß war 1994, 1995 und 1999 festzustellen. Im Jahr mit den höchsten Konzentrationen (1996) sanken dagegen die Tyrosin-Konzentrationen mit zunehmender N-Düngung ab. **Asparagin** konnte lediglich 1994 in allen Varianten gefunden werden, in diesem Jahr nahm die Asparagin-Konzentration mit der N-Düngung kontinuierlich und signifikant zu. Die Konzentration in den hochgedüngten Varianten war gegenüber der Nullvariante 8 mal so hoch. 1995 wurde lediglich in den hochgedüngten Varianten Asparagin gefunden. In den anderen Jahren konnte nahezu kein Asparagin mehr oberhalb der Nachweisgrenze gemessen werden.

Tab. 42: Anteil und Konzentrationen der einzelnen Aminosäuren im Most, sowie die varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AS-Konzentrationen. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Mittelwert der Anteilsziffern für die Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	% - Anteil an Gesamt- AS	Konzentration (mg N/L)		Anteilsziffer (zweifaktoriell)			Rest	Anteilsziffer (Düngung ein- faktoriell im Mittel)
		Mittel	Min - Max	Jahrgang (J)	Düngung (D)	J x D		
starker Düngungseinfluß								
Arg	35,8	85,1	2,0 - 320,2	84,4***	6,5***	2,3	6,7	55,8*
Gln	24,9	59,3	4,3 - 222,8	84,8***	4,4***	3,2*	7,6	39,3*
Ala	4,0	9,4	1,7 - 27,6	74,7***	11,0***	3,6	10,7	55,9**
c-ABA	3,3	7,9	1,4 - 23,2	77,3***	7,2***	3,5	12,0	44,5**
Thr	2,8	6,6	1,7 - 17,3	61,5***	6,0***	10,1*	22,4	30,9
Cit	0,6	1,4	0,0 - 9,9	84,2***	2,8***	4,3**	8,7	36,7
Lys	0,3	0,7	0,0 - 5,7	39,6***	2,9	4,6	53,0	40,2
Orn	0,2	0,5	0,0 - 2,6	74,0***	3,2**	7,7**	15,1	37,5
keinen Einfluß der N-Düngung								
Pro	12,0	28,5	4,9 - 68,1	84,3***	0,1	3,2	12,4	20,5
Leu/Phe	6,2	14,8	0,5 - 69,0	88,5***	0,5	1,8	9,2	21,0
Val	2,3	5,4	0,3 - 22,6	96,1***	0,1	0,6	3,3	20,7
Ile	1,2	2,9	0,0 - 18,5	72,0***	0,5	3,9	23,6	23,4
Trp	1,0	2,3	0,3 - 4,9	89,3***	1,5***	4,0***	5,1	39,8*
Indifferenter Düngungseinfluß								
Glu	1,6	3,8	0,0 - 15,3	53,8***	1,8	4,9	39,5	19,5
Ser	1,5	3,7	0,0 - 13,1	77,9***	1,8	2,2	18,1	24,8
Gly	1,2	2,9	0,0 - 18,4	94,8***	0,4*	1,2	3,6	37,0
Asp	0,7	1,8	0,0 - 13,1	26,6***	5,3	10,4	57,7	24,2
Tyr	0,3	0,7	0,0 - 2,8	84,4***	0,3	2,9	12,4	24,0
Asn	0,1	0,2	0,0 - 8,2	4,2	3,3	20,7	71,8	44,7

4.4.2.11 Arginin-Anteil

Jahrgangseinfluß

Beim Arginin-Anteil an den Gesamt-AS trat der Jahreseinfluß stark zurück. Die Anteilsziffer betrug nur noch 36%. Signifikant niedriger war der Arginin-Anteil in den Jahren 1994, 1997 und 1999 – den Jahren mit niedrigen AS-Werten – mit durchschnittlich 24%, gegenüber 37% 1995 und 1996 sowie 1998 mit 31% Arginin-Anteil. Je niedriger die N-Düngung war, desto stärker ausgeprägt war der Jahrgangseinfluß innerhalb der Düngungsvarianten. In der 150 kg N/ha-Variante lagen die Arginin-Anteile relativ dicht beieinander; der höchste Wert fand sich 1995 mit 45% Arginin, d.h. 1,3 mal höher als 1994, dem Jahr mit dem niedrigsten Wert. In der 60 kg N/ha-Variante war der Unterschied das 1,7-fache und in der Nullvariante lag der höchste Arginin-Anteil 3,5 mal höher als im Jahr mit dem niedrigsten Wert.

Düngungseinfluß

Der Einfluß der N-Düngung auf den Arginin-Anteil war mit einer Anteilsziffer von 32% enorm hoch. Grundsätzlich stieg der Arginin-Anteil mit zunehmender N-Düngung. Im mehrjährigen Mittel ließen sich neben der Null-Düngung die beiden homogenen Gruppen mit normaler Düngung (30 und 60 kg N/ha) und hoher Düngung (90 und 150 kg N/ha) hoch signifikant unterscheiden. Diese Unterschiede zwischen den Dünge­stufen waren vor allem in den Jahren 1994, 1997 und 1999 sehr deutlich. Hier fanden sich besonders große Spannbreiten von bis zu 28 Prozentpunkten. Die extreme 150 kg N/ha-Variante lag in diesen drei Jahren in ihrem Arginin-Anteil 2-3 mal so hoch wie die Kontrolle. Entsprechend stark ausgeprägt waren die signifikanten Unterschiede in diesen Jahren. So unterschieden sich 1994 bis auf die hochgedüngten Varianten alle anderen Dünge­stufen deutlich (die 60 kg N/ha-Variante unterschied sich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 7% von der 90 kg N/ha-Variante). Auch 1997 fanden sich diese deutlichen Unterschiede unter den einzelnen Düngevarianten. In den anderen Versuchsjahren (1995, 1996, 1998) betrug die Spannbreite dagegen nur 5 Prozentpunkte (1996) bis 13%-Punkte (1995). Die Arginin-Anteile der 150 kg N/ha-Variante lagen damit nur 1,1-1,4 mal über der Nullvariante. In der Tendenz gilt auch in diesen Jahren, daß die Arginin-Anteile an den Gesamt-AS mit der N-Düngung anstiegen. Signifikant unterscheiden ließen sich in diesen Jahren aber nur noch zwei homogene Gruppen: wenig und viel gedüngt – so daß sich im Extremfall 1998 nur noch die beiden extremen Varianten, die Nulldüngung von der 150 kg N/ha-Variante, signifikant unterschieden.

Diese starke Abhängigkeit im Einfluß der N-Düngung vom Jahrgang spiegelte sich in der hohen Anteilsziffer von 13% bezüglich der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung wider. Die Reststreuung lag bei 18%.

Tab. 43: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Arg-Anteils an der Gesamt-AS im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	37,1	36,8***						
Düngung	32,2	40,0***	85,9***	76,5***	50,4*	82,9***	27,2	60,7**
Jahr x Düngung	12,7	3,2***						
Rest	18,1		14,1	23,5	49,6	17,1	72,8	39,3

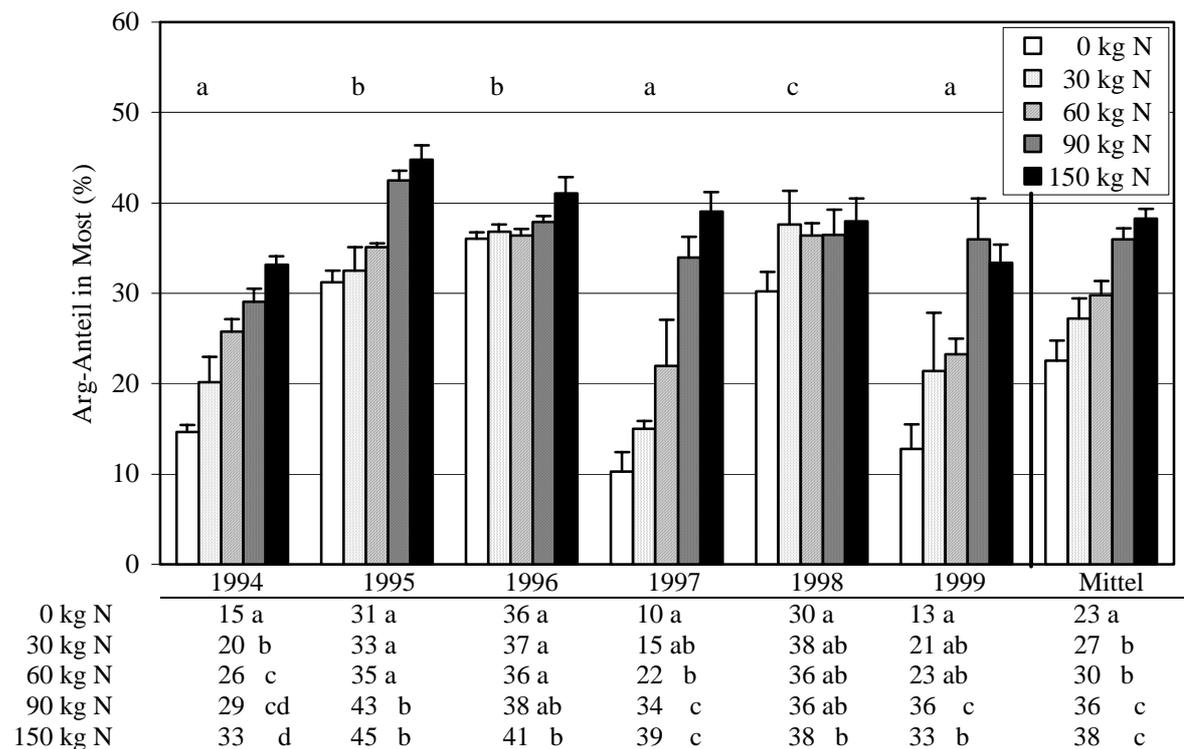


Abb. 23: Arg-Anteil (%) an den Gesamt-AS im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.12 Prolin-Anteil

Jahrgangseinfluß

Der Jahreseinfluß auf die Gesamtstreuung des Prolin-Anteils im Most war mit 55% deutlich geringer als auf die Prolin-Konzentration. Im Jahr 1997 wurde der signifikant höchste Prolin-Anteil (22%) festgestellt. Als statistisch homogene Gruppe folgen die Jahrgänge 1994, 1998 und 1999 mit um die 14%. Davon ließen sich die beiden Jahre 1995 und 1996 mit durchschnittlich 9% Prolin-Anteil an den Gesamt-AS unterscheiden. Der durchschnittliche Prolin-Anteil war damit 1997 um das 2,8-fache höher als in 1996. Der Jahreseinfluß innerhalb der einzelnen Düngeufen unterschied sich davon nicht wesentlich.

Düngungseinfluß

Beim Prolin-Anteil war ein sehr deutlicher Düngungseinfluß von 17% feststellbar. Im Mittel über alle sechs Versuchsjahre unterschieden sich die 0 bis 90 kg N/ha -Varianten signifikant von allen anderen Varianten, wobei der Prolin-Anteil mit zunehmender N-Düngung stetig abnahm. Gegenüber der Nullvariante betrug der Prolin-Anteil bei einer N-Gabe von 30 kg N/ha noch 85%, in der 60 kg N/ha-Variante 73% und in den hoch gedüngten Varianten nur noch 62%. Die 150 kg N/ha-Variante unterschied sich dann von der 60 kg N/ha-Variante nur mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% und von der 90 kg N/ha-Variante gar nicht mehr. Dieser Düngungseinfluß war in den verschiedenen Jahren unterschiedlich groß. 1997 und 1994 war er sehr ausgeprägt, hier war der Prolin-Anteil in der 150 kg N/ha-Variante nur noch halb so groß wie in der Nullvariante. Demgegenüber war 1999 kein Unterschied in den Düngevarianten feststellbar.

Diese Wechselwirkung zwischen dem Jahrgang und der N-Düngung war signifikant und erklärte die Gesamtstreuung zu 13%. Die Reststreuung betrug 15%.

Tab. 44: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Pro-Anteils an der Gesamt-AS im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	54,7	63,9***						
Düngung	16,5	24,1***	71,1***	73,0***	70,2***	70,6***	43,3	22,6
Jahr x Düngung	13,4	3,9***						
Rest	15,4		28,9	27,0	29,8	29,4	56,7	77,4

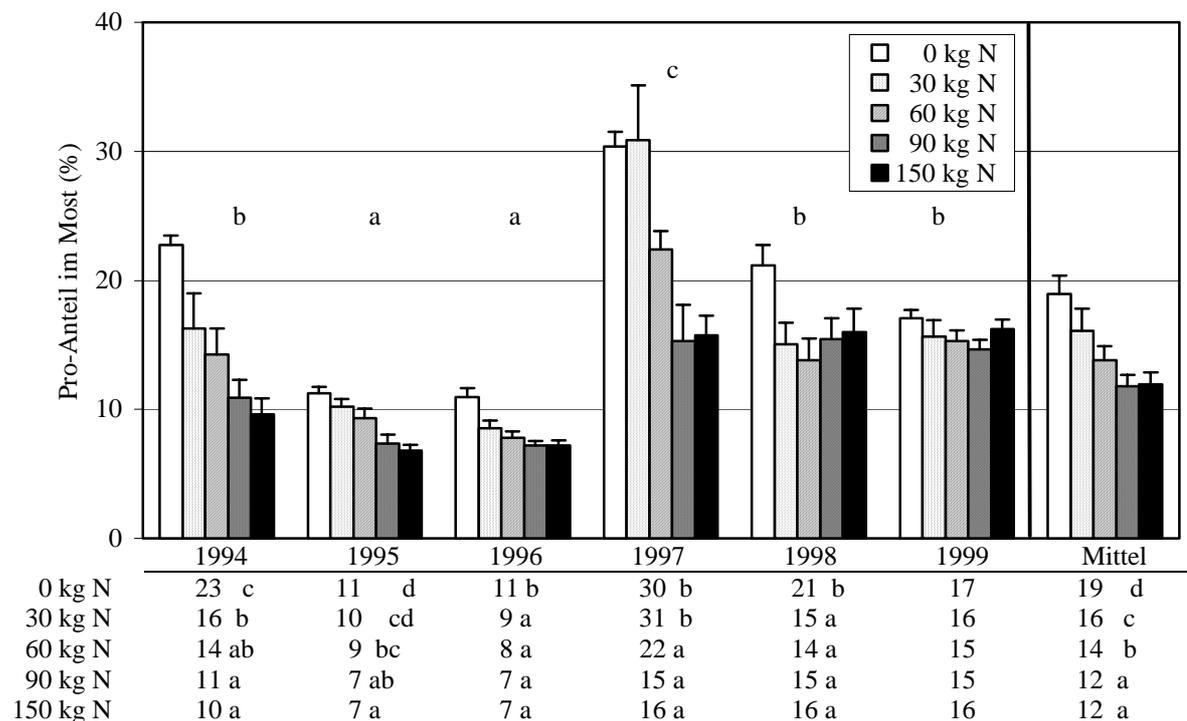


Abb. 24: Pro-Anteil (%) an den Gesamt-AS im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.2.13 Prolin/Arginin-Verhältnis

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß hatte lediglich einen Anteil von 28% an der Gesamtstreuung des Prolin/Arginin-Verhältnisses im Most. In den Jahrgängen 1995, 1996 lagen die Durchschnittswerte signifikant am niedrigsten (0,26 und 0,22), gefolgt vom Jahr 1998 mit 0,48. 1997 wurde das signifikant höchste Prolin/Arginin-Verhältnis (1,63) festgestellt. In den beiden übrigen Jahren 1994 und 1995 waren die Werte ebenfalls erhöht (0,75). Das durchschnittliche Prolin/Arginin-Verhältnis war 1997 um das 7,3-fache höher als in 1996. Der Jahreseinfluß innerhalb der einzelnen Dünge­stufen war besonders in den Varianten mit niedriger N-Düngung ausgeprägt. In der Nullvariante betragen die Unterschiede zwischen dem niedrigsten Wert (1996) und dem höchsten Wert (1997) über das 12-fache. In der 60 kg N/ha-Variante betrug der Unterschied noch das 6,2-fache. Demgegenüber variierte das Prolin/Arginin-Verhältnis in den hoch gedüngten Varianten (90 bzw. 150 kg N/ha) deutlich weniger. Die höchsten Werte fanden sich in den Jahrgängen 1997, 1998 und 1999, sie unterschieden sich kaum mehr. Gegenüber den niedrigsten Verhältnis­zahlen waren sie noch ca. 2,7 bis 3,3 mal so hoch.

Düngungseinfluß

Der Düngungseinfluß auf die Gesamtvariabilität des Prolin/Arginin-Verhältnisses betrug 19%. Im Mittel der ungedüngten Varianten betrug das Verhältnis von Prolin zu Arginin 1,32. Mit zunehmender N-Gabe nahm das Verhältnis ab. Bei einer Düngung mit 30 kg N/ha sank der Wert auf durchschnittlich 0,83. In der hochgedüngten Variante betrug er nur noch 0,33; dies entsprach ein um 75% reduziertes Prolin/Arginin-Verhältnis gegenüber der Nullvariante. Dieser Düngungseinfluß war in fast allen Jahren zu verzeichnen. Eine Ausnahme nahm der Jahrgang 1998 ein. In diesem Jahr waren die Verhältnisse in den gedüngten Varianten gleich hoch. In den Jahren 1995 und 1996 sank das Prolin/Arginin-Verhältnis auf niedrigem Niveau nur noch wenig. Dennoch betrug der Wert in den hoch gedüngten Varianten nur noch 42-58% des Wertes in den Nullvarianten. Auch 1999 lag das Verhältnis in der 150 kg N/ha-Variante um 58% unter der ungedüngten Variante. Die stärksten Abnahmen waren 1994 und 1997 festzustellen. Die Verhältnis­zahlen sanken bei der N-Düngung auf 19 bzw. 11% der Werte der Nullvariante. Der Düngungseinfluß war in den Jahren 1997, 1998 und 1999 weniger signifikant. Lediglich zwischen der Nullvariante und den gedüngten Varianten ließen sich die Unterschiede absichern. Die Anteils­ziffer in diesen Jahren lag um 50%. In den anderen Jahren (1994, 1995, 1996) lag der Düngungseinfluß bei 80-70%. Neben den signifikanten Unterschieden der Nullvariante zu den gedüngten Varianten ließ sich auch die 30 kg N/ha-Variante gegen die hochgedüngten Varianten absichern.

Es bestand eine hohe Wechselwirkung zwischen dem Jahrgang und der N-Düngung. Ihr Anteil an der Gesamtstreuung betrug 21%. Den größten Anteil an der Gesamtvariabilität nahm die Reststreuung mit 32% ein.

Tab. 45: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität des Pro/Arg-Verhältnis im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	27,5	15,3***						
Düngung	18,8	13,1***	81,6***	76,0***	71,4***	53,6*	48,9*	51,4*
Jahr x Düngung	21,4	3,0***						
Rest	32,3		18,4	24	28,6	46,4	51,1	48,6

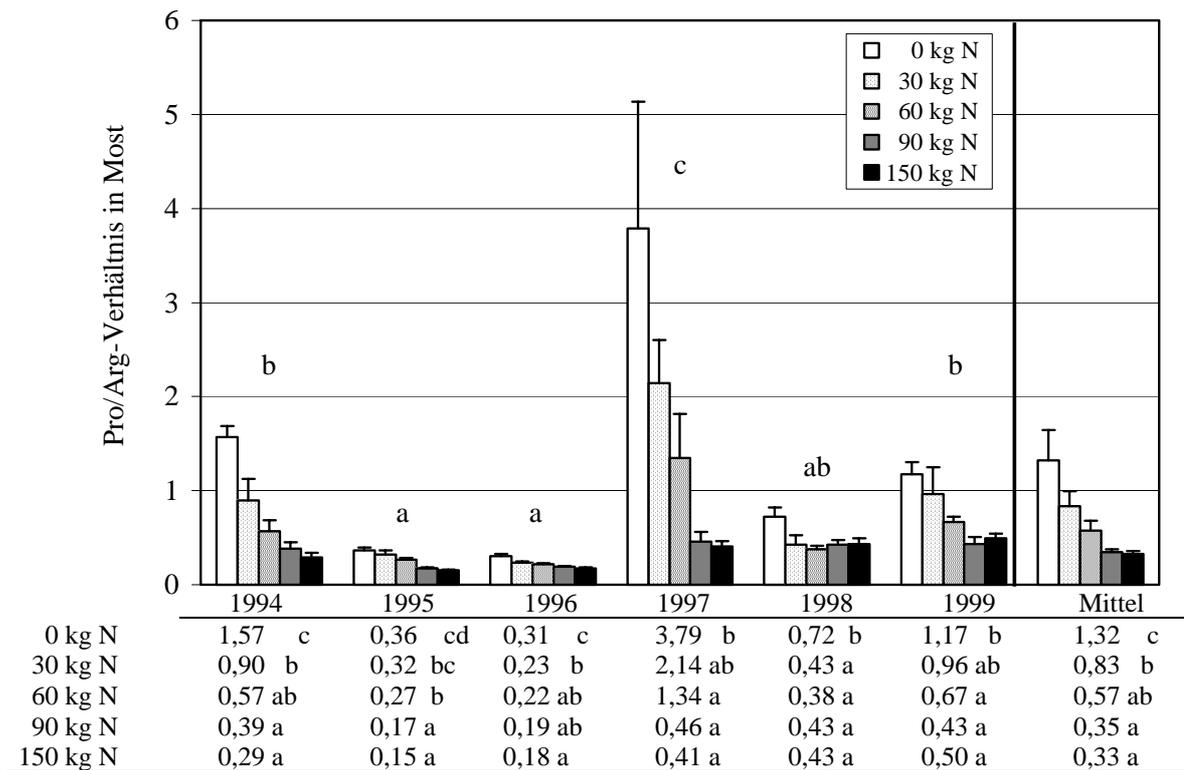


Abb. 25: Pro/Arg-Verhältnis im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.3 Tryptophan-Derivate

4.4.3.1 N-Formyl-Kynurenin (NFK)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den NFK-Konzentrationen im Most betrug 74%. Die niedrigsten NFK-Konzentrationen fanden sich in den Jahren 1994, 1997 und 1999 mit 1,3-1,6 mg/L. Die höchsten Werte wurden 1995 (43,4 mg/L) erreicht. Die Konzentrationen in 1996 und 1998 lagen mit 11,5 mg/L und 18 mg/L dazwischen. In dem Jahr mit den höchsten NFK-Konzentrationen, 1995, wurden damit 33 mal höhere Werte festgestellt als 1994, dem Jahr mit den niedrigsten Konzentrationen. Innerhalb der Nullvariante war der Jahrgangseinfluß niedriger, der höchste Wert lag 20 mal über dem niedrigsten Wert. In der hochgedüngten 150 kg N/ha-Variante betrug dieser Unterschied das 56-fache.

Düngungseinfluß

Der allgemeine Einfluß der N-Düngung auf die NFK-Konzentration war bei einer Anteilsziffer von 0,9% nicht signifikant. Im Mittel über alle Jahre stiegen die NFK-Konzentrationen mit jeder Zunahme der N-Düngung. Die 30 kg N/ha-Variante lag 10% über der Nullvariante, die 150 kg N/ha-Variante lag sogar 40% darüber. Diese Ergebnisse waren eine Folge der hohen Konzentrationen in den Jahren 1995 und 1996. In diesen beiden Jahren stieg die NFK-Konzentration nahezu kontinuierlich mit der Düngestufe. Obwohl die Werte in den hochgedüngten 150 kg N/ha-Varianten um 75 bzw. 60% über den Nullvarianten lagen, ließen sich diese Steigerungen nicht absichern. Der Anstieg um über 110% auf dem niedrigen Niveau 1999 war dagegen signifikant. In den Jahren 1994 und 1997 fand sich jedoch ein Absinken der NFK-Konzentration im Most mit höherer N-Düngung. Der höchste Wert fand sich 1994 in der 30 kg N/ha-Variante, gefolgt von der Nullvariante. 1997 lag die Konzentration in der Nullvariante am höchsten.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die NFK-Konzentration war nicht signifikant. Die Reststreuung lag bei 22%.

Tab. 46: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der NFK-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	73,7	61,7***						
Düngung	0,9	1,0	28,4	23,4	23,1	37,2	18,0	38,7
Jahr x Düngung	3,9	0,8						
Rest	21,5		71,6	76,6	76,9	62,8	82	61,3

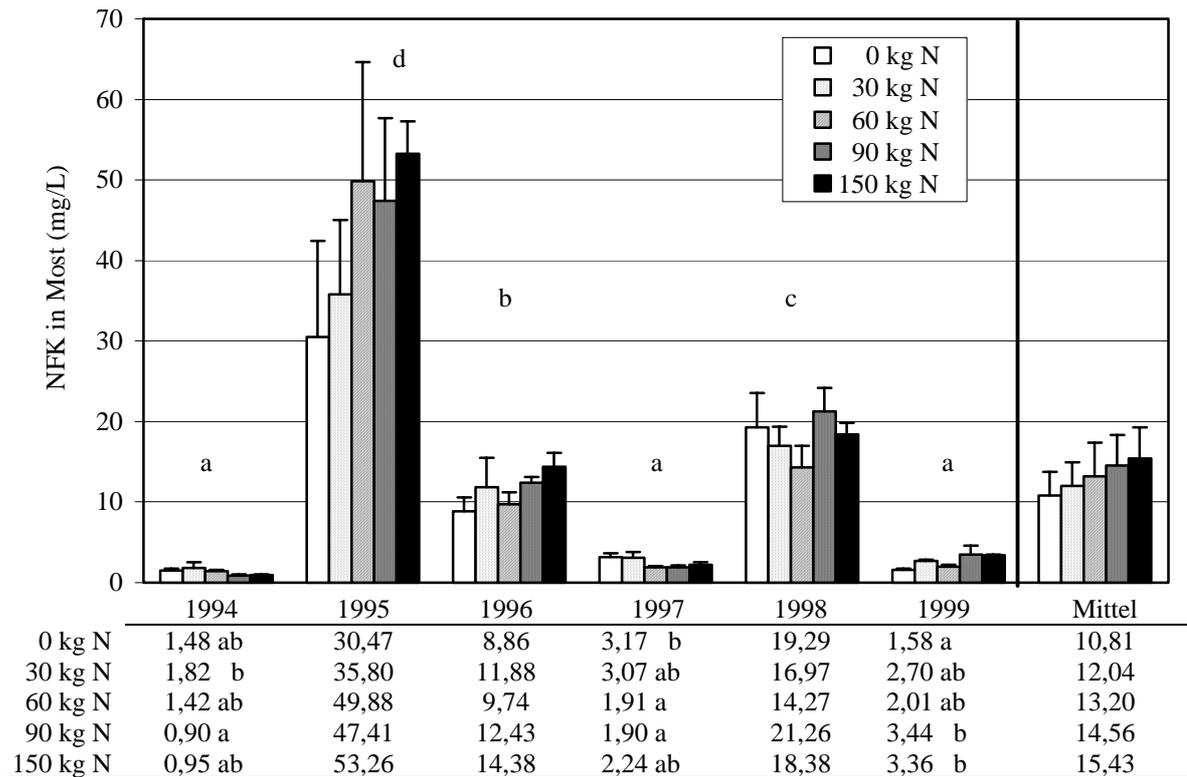


Abb. 26: NFK-Konzentration (mg/L) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.3.2 Methyltetrahydro- β -carbolin-carbonsäure (MTHCC)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den MTHCC-Konzentrationen im Most betrug 89%. Die niedrigsten Konzentrationen fanden sich in den Jahren 1998 und 1999 mit 35 bzw. 28 $\mu\text{g/L}$. 1997 lag die Konzentration deutlich darüber (81 $\mu\text{g/L}$), unterschied sich aber nicht signifikant von den Jahren 1998 und 1999. Die MTHCC-Konzentrationen in den übrigen Jahren unterschieden sich mit 168 $\mu\text{g/L}$ (1994) bis 762 $\mu\text{g/L}$ (1996) signifikant von allen Jahrgängen. Im Durchschnitt lagen die höchsten Jahreskonzentrationen somit 27 mal über den niedrigsten Jahreswerten. Innerhalb der Nullvariante war der Jahrgangseinfluß wesentlich größer, der höchste Wert lag 55 mal über dem niedrigsten Wert. In der hochgedüngten 150 kg N/ha-Variante betrug dieser Unterschied lediglich das 17-fache.

Düngungseinfluß

Ein allgemeiner Einfluß der N-Düngung auf die MTHCC-Konzentration im Most lag nicht vor. Signifikante Unterschiede fanden sich 1996 und 1999, wobei 1999 der Einfluß der Düngung auf die Variabilität der MTHCC-Konzentration mit 45% deutlich über dem der anderen Jahre (9-27%) lag. 1999 fand sich eine Steigerung der Konzentrationen bei höherer N-Düngung. 1996 war die Konzentration dagegen in der hoch gedüngten 150 kg N/ha-Variante am niedrigsten, unterschied sich aber nur von der 30 kg N/ha-Variante signifikant, wo der höchste Wert gefunden wurde.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die MTHCC-Konzentration war nicht signifikant. Die Reststreuung betrug 9%.

Tab. 47: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der MTHCC-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	88,5	179,7***						
Düngung	0,5	1,3	11,5	22,0	26,5	8,6	24,3	45,1*
Jahr x Düngung	2,2	1,1						
Rest	8,9		88,5	78	73,5	91,4	75,7	54,9

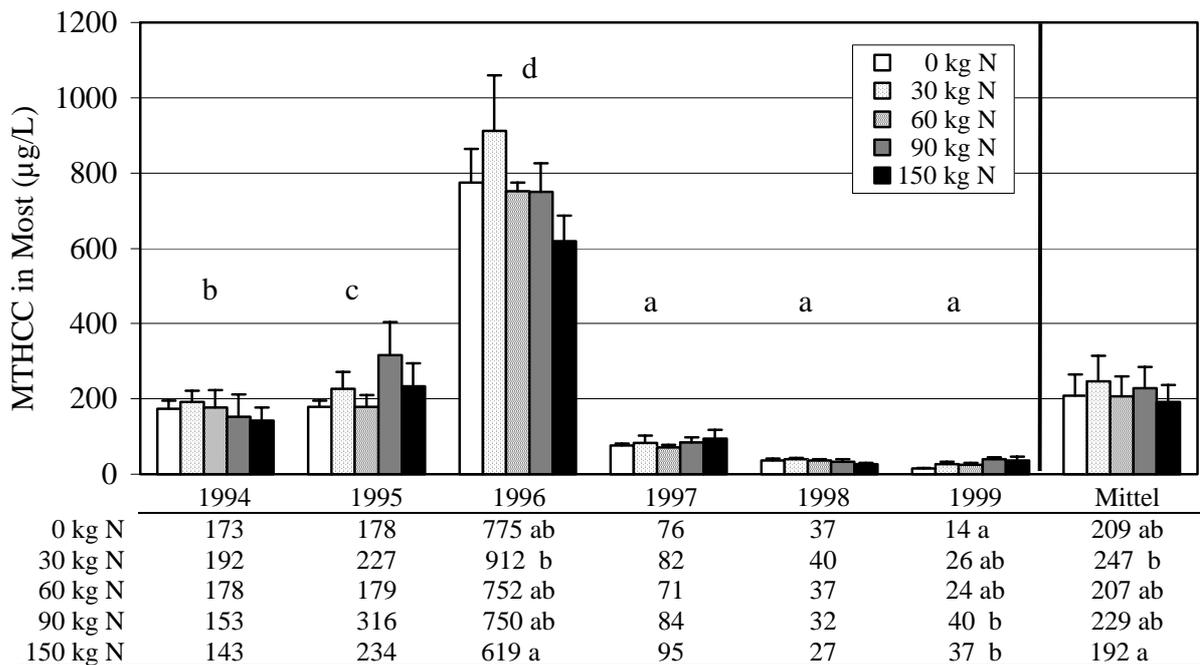


Abb. 27: MTHCC-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.3.3 Tryptophol (TOH)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den TOH-Konzentrationen im Most betrug 72%. Die höchsten Konzentrationen fanden sich 1994 mit 11 µg/L. In den anderen Jahren lagen die Konzentrationen mit 2-4 µg/L deutlich darunter. Während die höchsten Jahreskonzentrationen ca. 5 mal höher waren als die niedrigsten Werte, betrug dieser Unterschied innerhalb der Nullvariante das 11-fache und in der 150 kg N/ha-Variante nur das Doppelte.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung übte keinen allgemeinen Einfluß auf die TOH-Konzentration im Most aus. Signifikante Unterschiede fanden sich nur 1998, einen konsistenten Einfluß übte die Düngung in diesem Jahr aber nicht aus. Demgegenüber fand sich 1994 ein kontinuierliches Absinken der TOH-Konzentration mit zunehmender N-Düngung. 1999 stiegen die TOH-Konzentrationen dagegen bei höherer Düngung.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die TOH-Konzentration lag bei 6%, ist aber nicht signifikant. Die Reststreuung betrug 23%.

Tab. 48: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der TOH-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	71,7	57,5***						
Düngung	0,2	0,2	20,9	10,2	3,8	17,6	44,2	24,2
Jahr x Düngung	5,7	1,1						
Rest	22,5		79,1	89,8	96,2	82,4	55,8	75,8

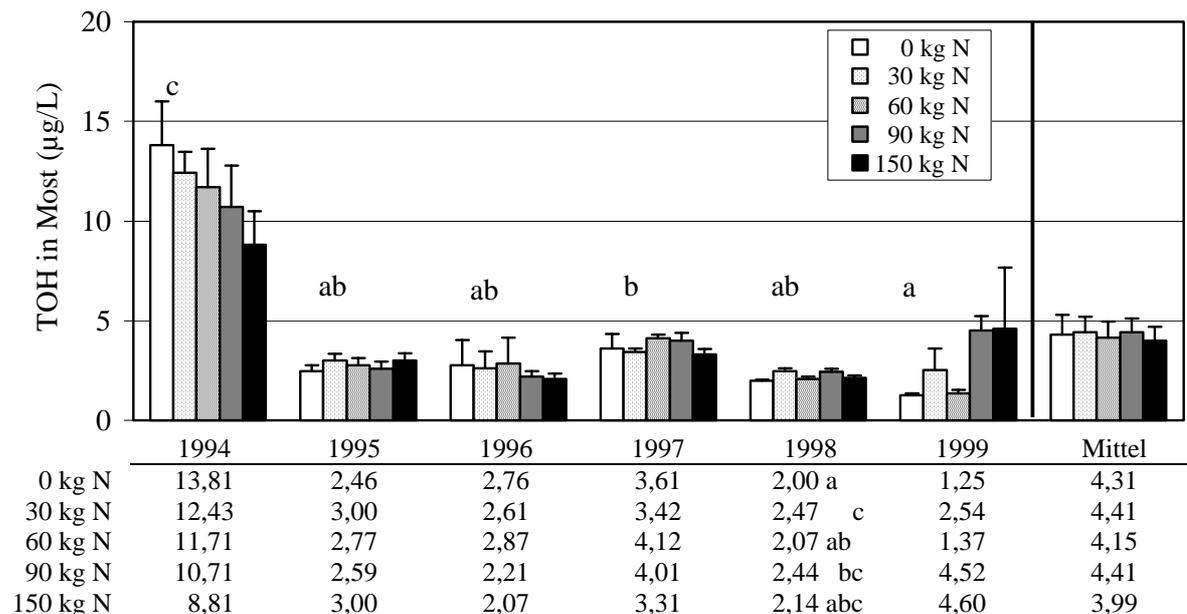


Abb. 28: TOH-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.3.4 Anthranilsäure (AA)

Jahrgangseinfluß

In drei Jahrgängen (1995, 1997, 1998) konnte kein AA detektiert werden. Damit ist die Aussagekraft eingeschränkt. Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den AA-Konzentrationen im Most betrug 82%. Die höchsten Konzentrationen fanden sich 1996 mit 20 µg/L. Damit lagen die Konzentrationen in diesem Jahr 10 mal höher als 1994, dem Jahr mit den niedrigsten Werten.

Düngungseinfluß

Der allgemeine Einfluß der N-Düngung auf die AA-Konzentration im Most lag signifikant bei 1,4%. Der Düngungseinfluß war dabei nicht einheitlich. 1994 nahm die AA-Konzentration mit höherer N-Düngung ab. 1996 fand sich dagegen eine deutliche Steigerung der Werte mit zunehmender Düngung und 1999 fanden sich keine signifikanten Unterschiede.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die TOH-Konzentration lag signifikant bei 12%. Die Reststreuung betrug 4%.

Tab. 49: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AA-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	82,3	351,0***						
Düngung	1,4	7,6***	27,2	-	82,8***	-	-	24,9
Jahr x Düngung	12,0	12,8***						
Rest	4,2		72,8	-	17,2	-	-	75,1

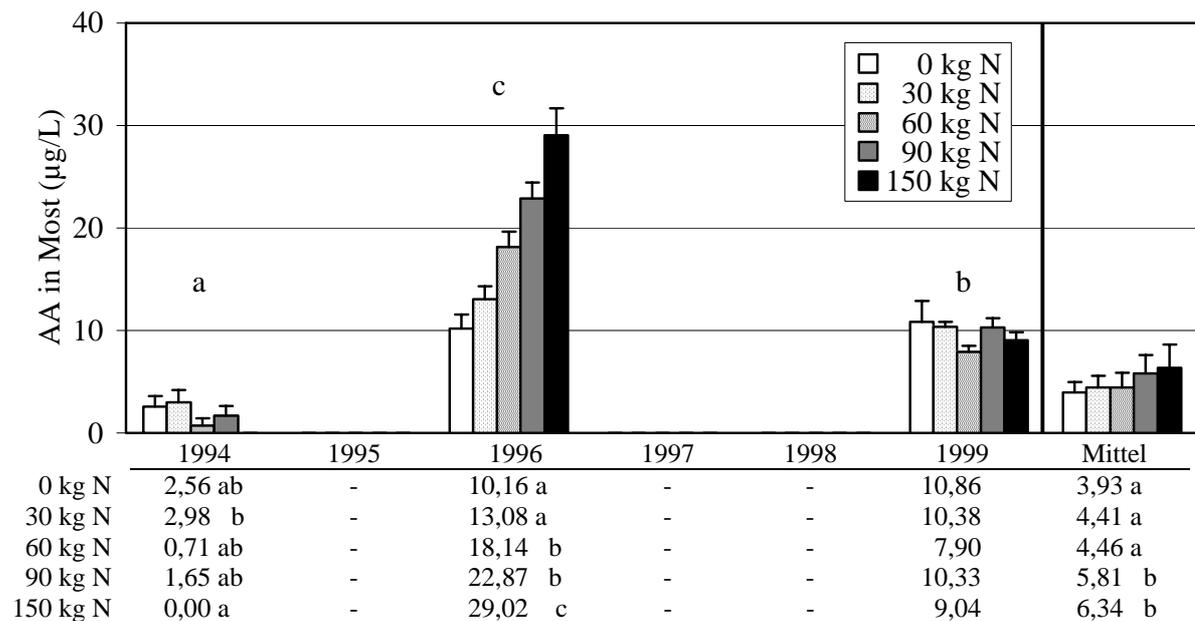


Abb. 29: AA-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.3.5 Indolmilchsäure (IMS)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den IMS-Konzentrationen im Most betrug 56%. Die höchsten Konzentrationen fanden sich 1995 und 1996 mit durchschnittlich 90 µg/L. 1999 lag die Konzentration mit 70 µg/L signifikant niedriger. In den anderen Jahren fanden sich deutlich geringere IMS-Konzentrationen: 7 µg/L (1994) - 27 µg/L (1995). Damit lagen die höchsten Konzentrationen 12 mal über den niedrigsten Jahresdurchschnittswerten. Ein davon unterschiedlicher Jahrgangseinfluß in Abhängigkeit der Düngestufen ließ sich nicht feststellen.

Düngungseinfluß

Im Mittel über alle Jahre übte die N-Düngung keinen Einfluß auf die IMS-Konzentration im Most aus. Signifikante Unterschiede fanden sich nur 1997 und 1999. Der stärkste Düngungseinfluß fand sich 1997. Die IMS-Konzentration sank in diesem Jahr sehr stark und kontinuierlich mit zunehmender N-Düngung ab. In der 30 kg N/ha-Variante fanden sich noch etwa 80% der IMS-Konzentration der Nullvariante, die 150 kg N/ha-Variante hatte nur noch 30% der Konzentration. Demgegenüber konnte 1996 und 1999 ein Anstieg der IMS-Konzentration mit der Düngung festgestellt werden. Die IMS-Konzentrationen in der 30 kg N/ha-Variante lagen 15% (1996) bzw. 100% (1999) über der Nullvariante. Die Zunahme der Konzentrationen der 150 kg N/ha-Variante lagen bei 45% (1996) und 200% (1999). Der Anstieg war aber nicht ganz kontinuierlich, in beiden Jahren fiel die 60 kg N/ha-Variante etwas nach unten heraus. Auch 1995 fand sich die niedrigste IMS-Konzentration in der Nullvariante. Eine weitere Zunahme mit unterschiedlicher Düngung war aber nicht festzustellen. In den Jahren mit den geringsten Konzentrationen 1994 und 1998 war kein Düngungseinfluß festzustellen.

Entsprechend den eben beschriebenen Jahrgangsunterschieden beim Düngungseinfluß betrug der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die IMS-Konzentration 16%. Die Reststreuung lag bei 27%.

Tab. 50: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der IMS-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	56,2	37,5***						
Düngung	0,5	0,4	11,8	15,6	25,4	49,1*	20,7	32,5
Jahr x Düngung	16,4	2,7***						
Rest	26,9		88,2	84,4	74,6	50,9	79,3	67,5

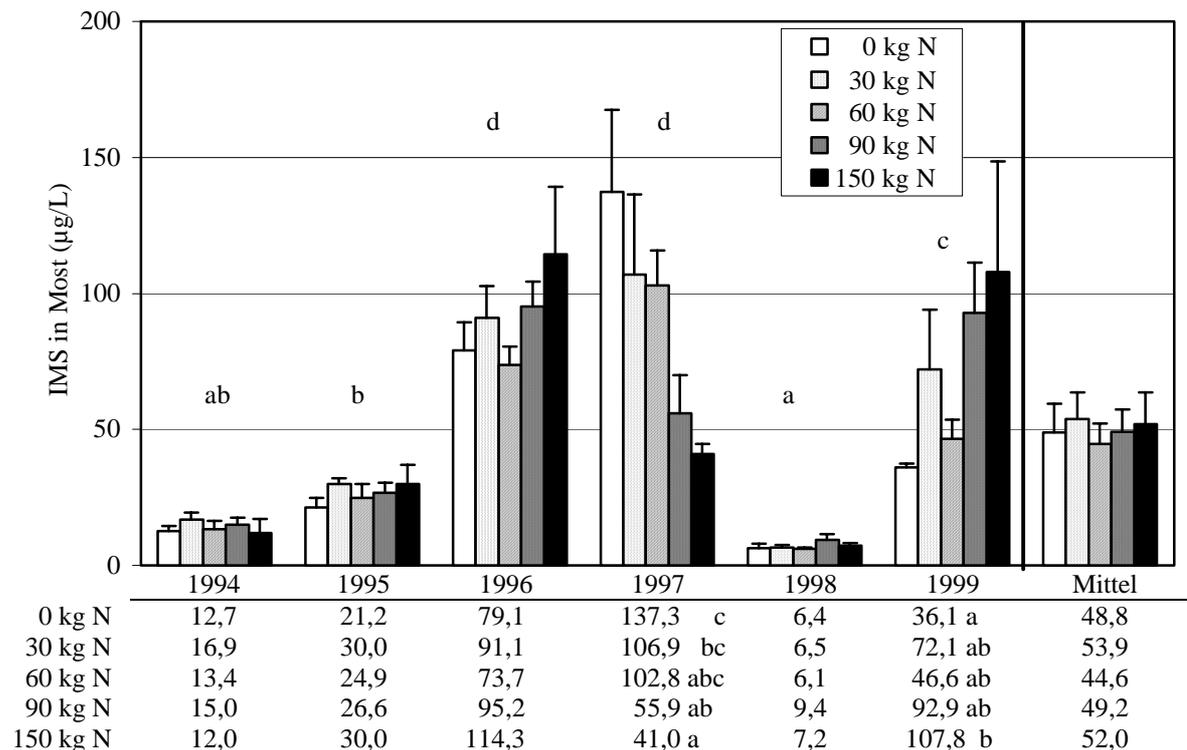


Abb. 30: IMS-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.3.6 Freie Indolessigsäure (IES)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den IES-Konzentrationen im Most betrug 65%. 1998 lagen die IES-Konzentrationen in allen Proben unter der Bestimmungsgrenze. Auch 1999 waren in einigen Wiederholungen die Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze. Diese Proben gingen dann mit 0 µg/L in den Mittelwert ein. Die höchsten Konzentrationen fanden sich 1994 mit durchschnittlich 7 µg/L. 1995 bis 1997 lagen die Konzentrationen zwischen 2,3 und 3,6 µg/L signifikant niedriger. Die niedrigsten Werte wurden 1998 und 1999 mit durchschnittlich unter 1 µg/L festgestellt. Der Jahrgang 1997 wies damit 8 mal höhere IES-Konzentrationen auf als die niedrigsten Jahresdurchschnittswerte. In den verschiedenen Dünge­stufen waren diese Jahrgangseinflüsse unterschiedlich stark, eine Abhängigkeit von der N-Düngung ließ sich jedoch nicht feststellen.

Düngungseinfluß

Im Mittel über alle Jahre übte die N-Düngung keinen Einfluß auf die IES-Konzentration im Most aus. In den einzelnen Versuchsjahren betrug der Düngungseinfluß lediglich 14-23% der Variabilität. In keinem Jahr fanden sich signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen. Eine einheitliche Tendenz ließ sich nur 1996 feststellen, hier nahm die IES-Konzentration mit zunehmender N-Düngung kontinuierlich ab. Der stärkste Düngungseinfluß fand sich 1996. Die IES-Konzentration sank in diesem Jahr sehr stark und kontinuierlich mit zunehmender N-Düngung ab.

Es gab keinen Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die IES-Konzentration. Die Reststreuung betrug 30%.

Tab. 51: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	64,6	38,7***						
Düngung	0,3	0,2	16,4	14,4	22,7	12,8	-	14,4
Jahr x Düngung	5,1	0,8						
Rest	30,1		83,6	85,6	77,3	87,2	-	85,6

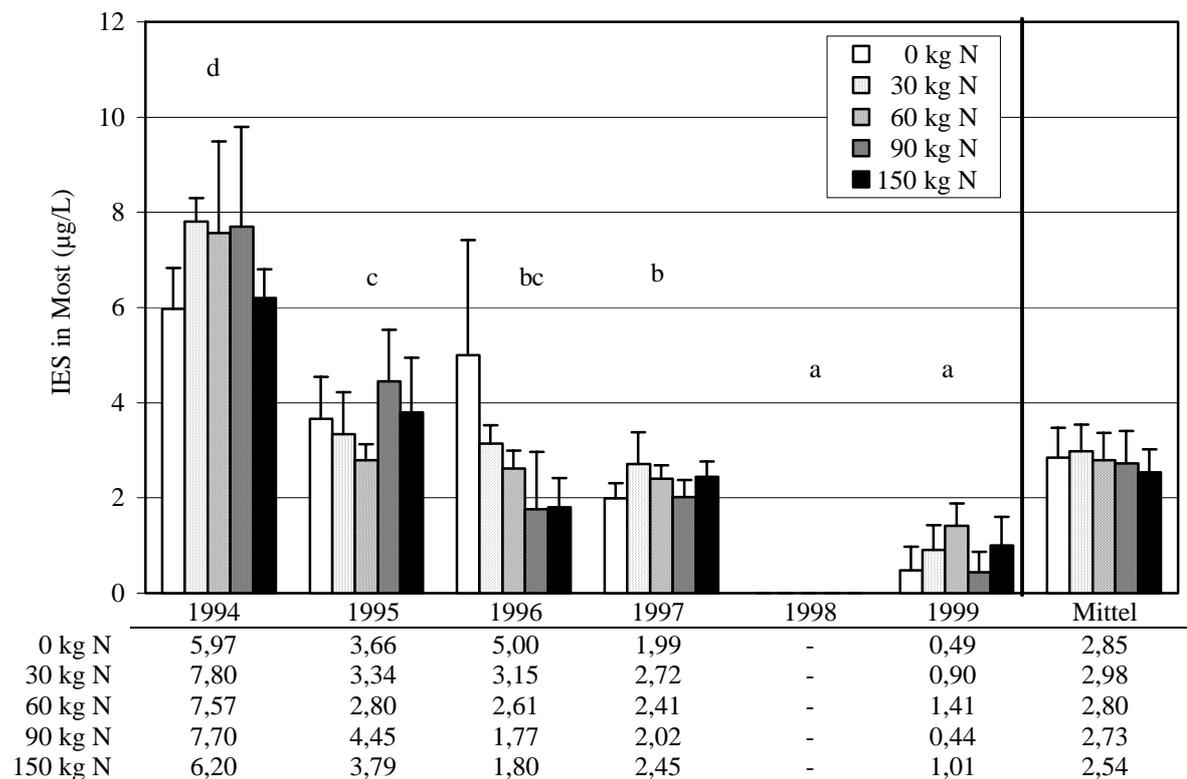


Abb. 31: Freie IES-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.4.3.7 Gesamte Indolessigsäure (Gesamt-IES)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den Gesamt-IES-Konzentrationen im Most betrug 70%. Die signifikant höchsten Konzentrationen fanden sich 1996 mit durchschnittlich 330 µg/L. Es folgten die Jahre 1998 und 1995, die sich mit durchschnittlichen Gesamt-IES-Konzentrationen von 220 bzw. 180 µg/L ebenfalls signifikant unterschieden. Davon unterschied sich das Jahr 1995 mit knapp 170 µg/L nicht mehr signifikant. Die geringsten Konzentrationen waren in den Jahren 1994 (130 µg/L) und 1999 (140 µg/L) zu verzeichnen. Gegenüber den niedrigsten Werten im Jahr 1994 waren die Gesamt-IES -Konzentrationen 1996, im Jahr mit den höchsten Werten, 2,5 mal so groß und 1995, einem Jahr mit durchschnittlichen Konzentrationen noch 1,4 mal so hoch. Ein davon unterschiedlicher Jahrgangseinfluß in Abhängigkeit der Dünge­stufen ließ sich nicht feststellen.

Düngungseinfluß

Im Mittel über alle Jahre übte die N-Düngung keinen Einfluß auf die Gesamt-IES -Konzentration im Most aus. Der stärkste Düngungseinfluß fand sich 1995. Hier betrug der Einfluß der Düngung auf die Variabilität der Konzentrationen knapp 60%. In den anderen Jahren lag der Düngungseinfluß lediglich bei 10-30%. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten fanden sich nur 1995 und 1998. Dabei konnte 1998 kein einheitlicher Einfluß der Düngung festgestellt werden. 1995 fand man dagegen zumindest tendenziell ein Absinken der Gesamt-IES-Konzentrationen bei zunehmender N-Düngung. Der Most der Nullvariante hatte die höchste Konzentration und lag signifikant um 50% über der 90 kg N/ha-Variante. Gegenüber den anderen gedüngten Varianten war die Konzentration in der Nullvariante nur 17% höher. Auch 1994 und 1996 waren die Gesamt-IES-Konzentrationen bei zunehmender N-Düngung tendenziell niedriger. Die Konzentration der Nullvariante erhöhte sich in diesen beiden Jahren um 10-30% (1994) bzw. 5-15% (1996) gegenüber den gedüngten Varianten. 1997 fand sich dagegen ein Anstieg der Konzentrationen durch die N-Düngung. Die Konzentrationen in den gedüngten Varianten lagen um 53-65% über der Nullvariante.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Gesamt-IES-Konzentration lag bei 6%, war aber nicht signifikant. Die Reststreuung betrug 24%.

Tab. 52: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration im Most. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	70,3	53,9***						
Düngung	0,6	0,6	17,8	57,7	11,3	18,1	27,6	22,1
Jahr x Düngung	5,6	1,1						
Rest	23,5		82,2	42,3	88,7	81,9	72,4	77,9

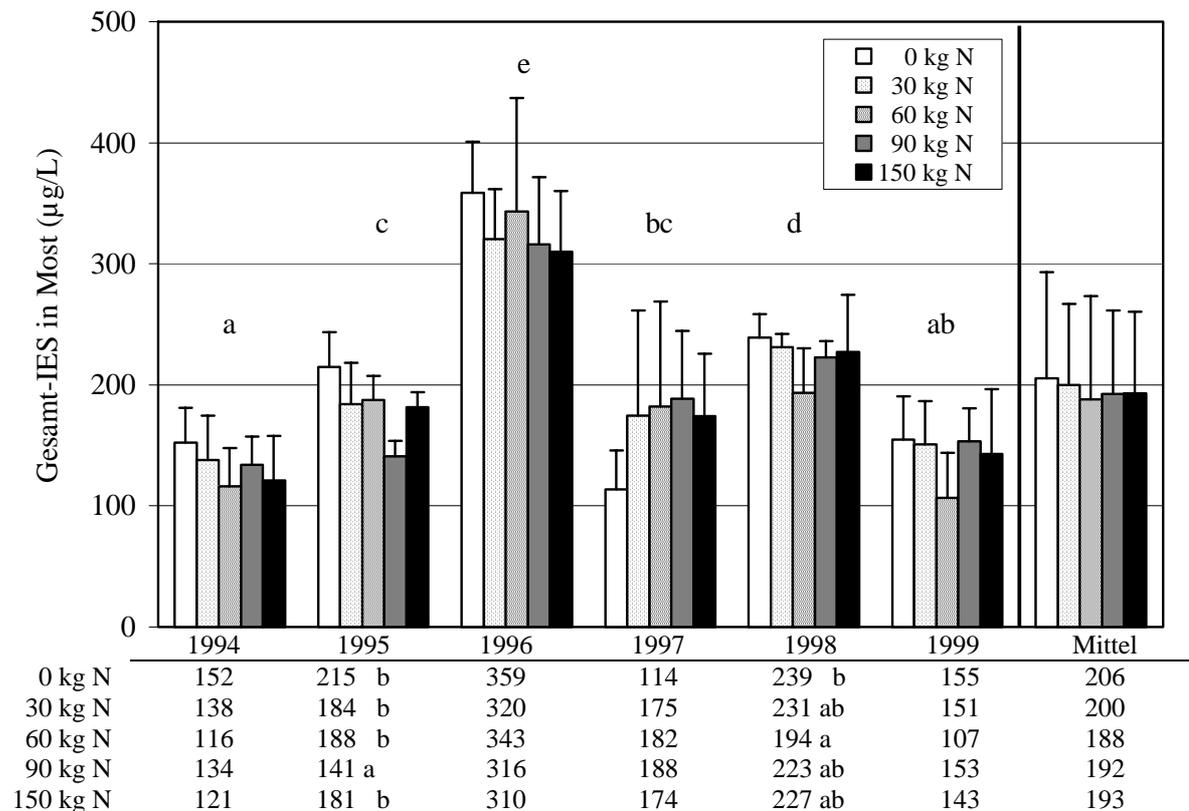


Abb. 32: Gesamt-IES-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Most im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.5 Veränderungen während der Gärung

4.5.1 Mineralstoffe und Gesamt-N

Die stärkste **N-Abnahme** während der Gärung war im Jahr 1998 mit 134 mg N/L zu finden. In den Jahren 1994 und 1997 war sie mit 115 mg N/L etwas kleiner. Die geringsten Abnahmen waren in den Jahren 1995 und 1996 (83 und 76 mg N/L) sowie 1999 (1 mg N/L) zu verzeichnen. 1994, 1997 und 1998 fand sich mit zunehmender N-Düngung eine stärkere Abnahme der N-Konzentration. 1994 und 1997 wurde in den Mosten aus der hochgedüngten Variante dreimal so viel N wie in der Nullvariante verbraucht. Diese Steigerung entsprach aber dem höheren Angebot für die Hefen im Most. Die relative Abnahme war damit unabhängig von den Düngevarianten. 1994 wurde in allen Varianten um 55% des N verbraucht, 1997 waren es 45% und 1998 ca. 30%. In den anderen Jahren (1995, 1996 und 1999) war die N-Abnahme nicht von der Düngevariante beeinflusst.

Die **P-Abnahme** war insbesondere 1994 und 1998 überdurchschnittlich hoch (21 bzw. 24 mg P/L). In den übrigen Jahren lag die Abnahme zwischen 5 und 9 mg P/L. Ein einheitlicher Einfluß der Düngung ließ sich nicht finden. 1995 nahm die P-Abnahme während der Gärung mit zunehmender N-Düngung ab, in der hochgedüngten Variante fand sich sogar eine Zunahme! 1996, 1997 und 1998 fanden sich in der Tendenz uneinheitlich sinkende P-Abnahmen, während 1994 und 1999 die Konzentrationen während der Gärung eher mit zunehmender Düngung anstiegen. Bezogen auf die Ursprungskonzentration im Most wurden 1994 in der Nullvariante 13% des P verbraucht, in der 150 kg N/ha-Variante waren es 52%. 1999 stieg die prozentuale Abnahme von 5 auf 23% und selbst 1998 fand sich eine Steigerung von 17 auf 27%. Im Durchschnitt betrug die relative Abnahme 1995-1997 zwischen 5 und 10%.

Bei den übrigen Mineralstoffen ließ sich weder eine Abhängigkeit von der Düngung erkennen, noch war die Abnahme in den Stressjahren (1994, 1997, 1999) bzw. den anderen Jahren einheitlich. **K** nahm durchschnittlich um 300 mg K/L ab. Die relative Abnahme lag zwischen 30% (1996) und 50% (1994). Die Zunahme 1995 betrug 15%.

Die **Mg**-Konzentration änderte sich während der Gärung nur geringfügig. Die prozentualen Zunahmen betrugen 1% (1995), 11% (1997) und 6% (1999). Die Abnahme an Mg lag in den übrigen Jahren bei 6%. Die höchsten Zunahmen der **Ca**-Konzentration – sowohl absolut wie auch relativ – wurden 1997 mit 64 mg Ca/L (entsprach 62% der Mostkonzentration) gefunden. 1994 und 1998 nahm die Konzentration um 5% zu, 1996 um 10% ab. In den übrigen Jahren (1995, 1999) fand sich im Mittel keine Veränderung der Ca-Konzentration. Die **Na**-Konzentration nahm 1997 und 1999 während der Gärung um 55 bzw. 5% zu. In den übrigen Jahren fanden sich Na-Abnahmen zwischen 5% (1995) und 20% (1994). Die **Zn** und **Mn**-Konzentrationen waren bis auf wenige Ausnahmen im Wein höher als im Most. Bei durchschnittlichen Konzentrationen im Most um 1,7 mg Zn/L und 0,7 mg Mn/L fanden sich hohe Zuwachsraten von bis zu 55% beim Zn und 88% beim Mn. Die **Cu**-Konzentration nahm dagegen bei der Gärung ab. Die prozentualen Abnahmen waren beim Cu sehr hoch (70-90%).

Tab. 53: Abnahme (mg/L) \pm SF an den Nährstoffen N, P, K, Mg, Ca, Na während der Gärung in Abhängigkeit von Dünge­stufe und Jahrgang. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Dünge­stufen sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1994	1995	1996	1997	1998	1999
N	0	62 \pm 10 a	59 \pm 18	82 \pm 12	53 \pm 14 a	105 \pm 5 a	20 \pm 8
	30	94 \pm 22 ab	88 \pm 41	81 \pm 16	97 \pm 13 ab	123 \pm 11 ab	-24 \pm 24
	60	108 \pm 7 abc	104 \pm 16	45 \pm 31	127 \pm 16 bc	129 \pm 7 abc	-31 \pm 25
	90	150 \pm 28 bc	67 \pm 17	82 \pm 14	141 \pm 24 bc	155 \pm 15 bc	0 \pm 41
	150	159 \pm 22 c	95 \pm 28	92 \pm 4	159 \pm 14 c	159 \pm 14 c	41 \pm 26
	∅	115 \pm 18	83 \pm 8	76 \pm 8	115 \pm 19	134 \pm 10	1 \pm 14
P	0	13,0 \pm 3 a	28,3 \pm 6 c	10,3 \pm 4	22,3 \pm 8 b	30,1 \pm 2 b	6,8 \pm 3 ab
	30	22,9 \pm 6 ab	10,4 \pm 8 b	7,0 \pm 2	10,1 \pm 4 ab	22,8 \pm 3 ab	4,3 \pm 2 ab
	60	25,0 \pm 5 ab	-0,5 \pm 2 ab	-1,0 \pm 6	-2,9 \pm 8 a	20,4 \pm 3 a	0,9 \pm 6 a
	90	18,0 \pm 9 ab	-0,6 \pm 2 ab	5,8 \pm 4	8,9 \pm 2 ab	27,1 \pm 2 ab	9,5 \pm 5 ab
	150	30,3 \pm 2 b	-11,9 \pm 5 a	5,5 \pm 3	5,0 \pm 3 a	21,1 \pm 2 a	16,4 \pm 4 b
	∅	21,8 \pm 3	5,1 \pm 7	5,5 \pm 2	8,7 \pm 4	24,3 \pm 2	7,6 \pm 3
K	0	423 \pm 19 ab	-65 \pm 32	273 \pm 21 ab	277 \pm 26 a	334 \pm 27	421 \pm 15
	30	431 \pm 14 ab	-38 \pm 113	339 \pm 2 c	333 \pm 6 ab	360 \pm 15	341 \pm 80
	60	399 \pm 21 a	-85 \pm 58	266 \pm 25 a	381 \pm 65 ab	343 \pm 41	455 \pm 40
	90	470 \pm 37 ab	-108 \pm 32	336 \pm 23 bc	418 \pm 47 b	319 \pm 17	409 \pm 38
	150	522 \pm 59 b	-105 \pm 19	321 \pm 26 abc	444 \pm 41 b	343 \pm 5	381 \pm 34
	∅	449 \pm 22	-80 \pm 13	307 \pm 16	370 \pm 30	340 \pm 7	402 \pm 19
Mg	0	6,6 \pm 1,4	-1,1 \pm 2,6	9,1 \pm 1,2 b	-3,4 \pm 0,7 c	10,9 \pm 6,4	-1,3 \pm 0,7 b
	30	6,6 \pm 1,4	0,8 \pm 5,8	5,8 \pm 1,5 ab	-7,3 \pm 0,6 b	2,0 \pm 7,1	-4,5 \pm 0,9 a
	60	2,8 \pm 1,4	1,1 \pm 3,5	5,6 \pm 3,2 ab	-9,3 \pm 1,0 ab	3,3 \pm 3,4	-3,3 \pm 0,9 ab
	90	2,3 \pm 1,8	-1,0 \pm 1,8	6,9 \pm 1,1 ab	-10,0 \pm 1,2 a	2,9 \pm 7,7	-3,6 \pm 1,1 ab
	150	4,6 \pm 2,3	-5,4 \pm 4,7	3,1 \pm 1,5 a	-9,4 \pm 0,7 ab	10,8 \pm 11,4	-1,9 \pm 0,9 ab
	∅	4,6 \pm 0,9	-1,1 \pm 1,2	6,1 \pm 1,0	-7,9 \pm 1,2	6,0 \pm 2,0	-2,9 \pm 0,6
Ca	0	-1,9 \pm 4,5	-0,9 \pm 7,4 ab	12,5 \pm 3,7	-57,9 \pm 2,2 b	13,0 \pm 22,1	-2,8 \pm 1,4 a
	30	-11,3 \pm 3,2	9,1 \pm 6,7 b	11,1 \pm 0,9	-62,4 \pm 2,3 ab	-14,4 \pm 26,1	1,0 \pm 1,4 ab
	60	-6,5 \pm 8,3	2,4 \pm 4,1 ab	7,4 \pm 6,0	-63,8 \pm 1,4 ab	-12,3 \pm 22,0	0,3 \pm 0,3 ab
	90	-6,8 \pm 3,4	-3,9 \pm 3,5 ab	12,8 \pm 3,4	-67,5 \pm 2,8 a	-14,1 \pm 33,3	0,4 \pm 1,2 ab
	150	-6,9 \pm 8,3	-7,9 \pm 3,7 a	7,0 \pm 2,4	-66,1 \pm 2,7 a	-6,4 \pm 37,6	1,8 \pm 1,8 b
	∅	-6,6 \pm 1,5	-0,2 \pm 2,9	10,2 \pm 1,2	-63,5 \pm 1,7	-6,8 \pm 2	0,1 \pm 0,8
Na	0	4,0 \pm 1,8	1,0 \pm 2,3	3,1 \pm 1,0	-7,1 \pm 1,2 b	4,3 \pm 7,2	-1,3 \pm 2,3
	30	4,4 \pm 1,1	1,6 \pm 1,2	4,5 \pm 0,3	-12,1 \pm 1,4 a	-1,8 \pm 5,9	-5,0 \pm 3,3
	60	0,6 \pm 2,1	1,6 \pm 1,4	-1,8 \pm 5,6	-9,8 \pm 3,0 ab	4,3 \pm 6,1	0,3 \pm 3,0
	90	2,6 \pm 0,8	1,5 \pm 1,1	4,6 \pm 0,8	-9,3 \pm 0,5 ab	3,3 \pm 7,1	1,9 \pm 3,5
	150	4,1 \pm 1,0	0,4 \pm 1,2	3,1 \pm 0,8	-7,3 \pm 0,8 ab	5,9 \pm 7,3	-2,4 \pm 5,5
	∅	3,2 \pm 0,7	1,2 \pm 0,2	2,7 \pm 1,2	-9,1 \pm 0,9	3,2 \pm 1,3	-1,3 \pm 1,2

Tab. 54: Abnahme (mg/L) \pm SF an den Mineralstoffen Zn, Mn, Cu während der Gärung in Abhängigkeit von Düngestufe und Jahrgang. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Düngestufen sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	kg N/ha	1997	1998	1999
Zn	0	-0,71 \pm 0,18	-0,61 \pm 0,22	0,21 \pm 0,18
	30	-1,16 \pm 0,43	-0,86 \pm 0,35	-0,11 \pm 0,18
	60	-0,61 \pm 0,40	-0,64 \pm 0,17	-0,43 \pm 0,40
	90	-1,04 \pm 0,34	-0,75 \pm 0,34	-0,31 \pm 0,13
	150	-0,86 \pm 0,32	-0,61 \pm 0,41	-0,03 \pm 0,10
	∅	-0,88 \pm 0,10	-0,70 \pm 0,05	-0,13 \pm 0,11
Mn	0	-0,24 \pm 0,16	-0,13 \pm 0,11	-0,04 \pm 0,09
	30	-0,54 \pm 0,08	-0,06 \pm 0,07	0,15 \pm 0,10
	60	-0,36 \pm 0,07	-0,13 \pm 0,11	0,01 \pm 0,11
	90	-0,46 \pm 0,10	0,05 \pm 0,21	-0,03 \pm 0,11
	150	-0,50 \pm 0,07	-0,28 \pm 0,09	-0,03 \pm 0,12
	∅	-0,42 \pm 0,05	-0,11 \pm 0,05	0,02 \pm 0,03
Cu	0	2,46 \pm 1,88	0,66 \pm 0,25	1,81 \pm 0,85 b
	30	0,49 \pm 0,23	0,73 \pm 0,40	0,68 \pm 0,31 ab
	60	2,44 \pm 1,20	0,18 \pm 0,09	1,11 \pm 0,33 ab
	90	0,38 \pm 0,19	0,58 \pm 0,19	0,30 \pm 0,06 a
	150	1,01 \pm 0,34	0,21 \pm 0,17	0,98 \pm 0,40 ab
	∅	1,36 \pm 0,46	0,47 \pm 0,12	0,97 \pm 0,25

4.5.2 Aminosäuren

4.5.2.1 Arginin

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang beeinflusste die Arginin-Abnahme bei der Gärung nur zu 12%. Am stärksten nahm die Arginin-Konzentration 1998 ab (- 42 mg N/L). Die geringste Abnahme war 1995 (15 mg N/L) zu verzeichnen. In den anderen Jahren wurde zwischen 20 mg N/L (1996) und 28 mg N/L (1999) verbraucht. Die prozentuale Abnahme war damit in den Jahren 1994 (-80%), 1997 (-70%) und 1999 (-98%) deutlich stärker als in den übrigen Jahren. Die höchste absolute Abnahme im Jahr 1998 entsprach noch 40% relative Abnahme, in den Jahren 1995 und 1996 betrug sie 20 bzw. 10%.

Düngungseinfluß

Es fand sich nur ein geringer einheitlicher Einfluß von 3%, der nicht absicherbar ist. In den Jahren 1994, 1997 und 1999 war die Arginin-Abnahme mit zunehmender Düngung größer. 1994 erklärte die N-Düngung über 60% der Abnahme. In diesem Jahr stieg die Abnahme kontinuierlich und signifikant. 1997 und 1999 wurde die höchste Abnahme in der 90 kg N/ha-Variante verzeichnet, was aber nur 1999 absicherbar war. Im Jahrgang 1996 wurde während der Gärung mit zunehmender N-Düngung weniger Arginin verbraucht. In den hochgedüngten Varianten waren es nur noch wenige mg Arginin-N/L, während in der Nullvariante 50 mg Arginin-N/L verbraucht wurden. 1995 und 1998 fand sich keine Abhängigkeit von der Düngung. Die relative Abnahme nahm dagegen mit zunehmender Düngung ab. 1994 wurde das Arginin in dem Most der Nullvariante während der Gärung zu 99% verbraucht. In der 60 kg N/ha-Variante nahm es zu 95% ab und in den hochgedüngten Varianten zu 70 bzw. 85%. 1997 wurde Arginin in der Nullvariante zu 100% verbraucht, in der 150 kg N/ha-Variante betrug die Abnahme nur 40%. 1995 und 1998 fand sich dieser Effekt nur noch tendenziell. 1999 lag die Abnahme in allen gedüngten Varianten über 98%, in der Nullvariante mit 92% Abnahme wenig darunter. Im Jahr 1996 war schon der absolute Verbrauch an Arginin mit der N-Düngung rückläufig, so daß dies natürlich auch bei der relativen Abnahme der Fall war: In der Nullvariante waren es 30%, in den hochgedüngten Varianten wurde nur 1% des Arginin während der Gärung verbraucht.

Aus diesen Unterschieden zwischen den Jahrgängen resultierte ein hoher Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung mit 29%. Die Reststreuung lag mit 55% allerdings sehr hoch.

Tab. 55: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Arg-Abnahme während der Gärung. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	12,4	373,6**						
Düngung	3,0	25,9	65,2**	28,0	46,8*	32,6	19,4	48,8*
Jahr x Düngung	28,9	6,0**						
Rest	55,7		34,8	72,0	53,2	67,4	80,6	51,2

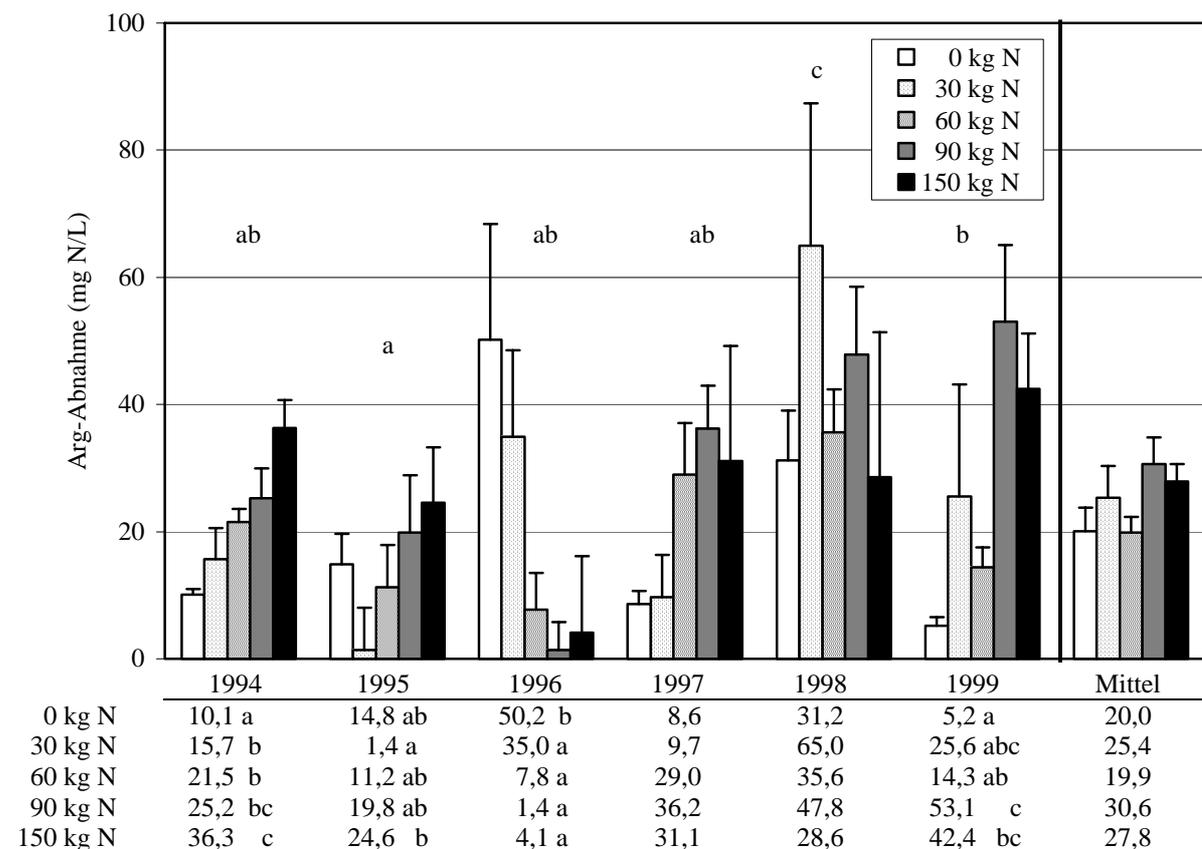


Abb. 33: Arg-Differenz (Most - Wein, in mg N/L) im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.5.2.2 Alanin

Jahrgangseinfluß

Die Alanin-Abnahme während der Gärung wurde zu 83% durch den Jahrgang beeinflusst. Auffällig war die Zunahme an Alanin in den Jahren 1995, 1996 und 1998, während in den übrigen Jahren eine Abnahme zu verzeichnen war. Absolut die stärkste Abnahme war 1999 (5,5 mg N/L), was 85% der Most-Konzentration entsprach. 1994 wurde 65% des Alanin verbraucht (3,3 mg N/L), während es 1997 durchschnittlich nur 20% waren (0,6 mg N/L). Die Zunahme an Alanin lag in den Jahren 1995 und 1996 bei 50% (6,4 bzw. 10,2 mg N/L). 1998 wurde im Wein doppelt so viel Alanin gefunden wie im Most, was einer Zunahme um 9 mg N/L entsprach.

Düngungseinfluß

Ein allgemeiner Düngungseinfluß ließ sich nicht ausmachen. Im Mittel über die sechs Versuchsjahre nahm die Alanin-Konzentration bei der Gärung zu, wobei in den gedüngten Varianten eine stärkere Zunahme zu verzeichnen war. 1994 und 1999 war der Düngungseffekt dazu gegenläufig. Mit zunehmender Düngung wurde in diesen Jahren mehr Alanin verbraucht. Dieser Effekt war 1999 mit einer Anteilsziffer von 50% signifikant. 1997 nahm Alanin zwar im Mittel ab. Die stärkste Abnahme verzeichnete aber die Nullvariante während in der 150 kg N/ha-Variante sogar eine Zunahme an Alanin festgestellt wurde. Auch in den übrigen Jahren (1995, 1996, 1998) nahm die Alanin-Zunahme mit der N-Düngung zu, was allerdings nicht ganz kontinuierlich verlief. Der prozentuale Anteil der Alanin-Abnahme war 1994 in der Nullvariante (-75%) stärker als in den gedüngten Varianten, wo er kontinuierlich auf -55% sank. Auch 1997 sank der Anteil der Alanin-Abnahme, da hier ja schon absolut mehr Alanin in der Nullvariante verbraucht wurde. 1999 konnte dies aber nicht festgestellt werden. In den Jahren, in denen Alanin während der Gärung zunahm (1995, 1996, 1998) lagen die relativen Zunahmen bei allen Düngungsvarianten in etwa auf dem selben Niveau, ohne von der Düngung beeinflusst zu sein.

Die Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung konnte 6% der Alanin-Abnahme erklären. Die Reststreuung lag bei 10%.

Tab. 56: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Ala-Abnahme während der Gärung. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	83,2	152,9***						
Düngung	0,8	1,9	23,1	16,0	77,5***	14,4	50,8*	49,2*
Jahr x Düngung	6,2	2,9***						
Rest	9,8		76,9	84,0	22,5	85,6	49,2	50,8

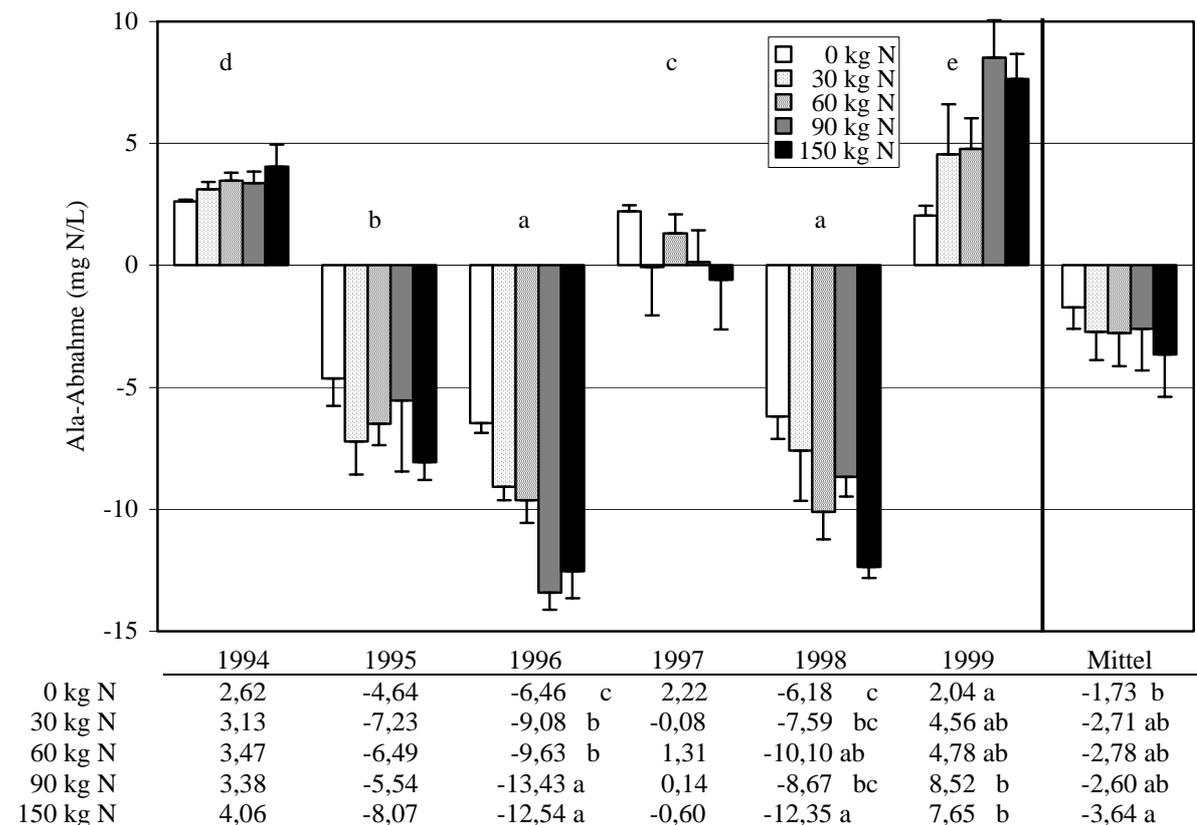


Abb. 34: Ala-Differenz (Most - Wein, in mg N/L) im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.5.2.3 Prolin

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang erklärte die Konzentrationsänderung von Prolin zu 24%. In der Regel nahm Prolin bei der Gärung zu, die Abnahme war also bis auf wenige Ausnahmen negativ. Diese Ausnahmen fanden sich in den Jahren 1994, 1997 und 1999 in einzelnen Düngevarianten. In den übrigen Jahren (1995, 1996, 1999) nahm Prolin durchweg zu. In diesen Jahren war die Zunahme auch überdurchschnittlich mit 6 mg N/L (1998) bis 9 mg N/L (1996). Bezogen auf die Ursprungskonzentration im Most war die Zunahme 1995 mit 40% am höchsten, 1996 betrug sie 20% und 1999 13%. Die geringsten Zunahmen fanden sich 1995 und 1999 mit 2 mg N/L, während 1997 im Durchschnitt nach der Gärung sogar 2 mg N/L weniger Prolin gefunden wurde. Prozentual nahm damit 1994 die Prolin-Konzentration um 20%, 1999 um 15% zu. Die Abnahme im Jahr 1997 betrug 6%.

Düngungseinfluß

Die Düngung erklärte die Veränderung während der Gärung zu 6%, was bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 7% absicherbar war. Im Mittel nimmt die Prolin-Konzentration bei der Gärung mit höherer N-Düngung stärker zu. In den einzelnen Jahrgängen fanden sich vor allem 1994 größere Zunahmen der Prolin-Konzentration bei höherer N-Düngung. 66% der Prolin-Veränderung ließ sich in diesem Jahr durch die Düngung erklären. In der Nullvariante nahm die Prolin-Konzentration sogar ab. Einen ähnlichen Einfluß übte die Düngung 1997 aus. Die Varianten mit 0-60 kg N/ha verzeichneten eine Abnahme des Prolin, in den hochgedüngten Varianten nahm Prolin dagegen zu. Im Jahr 1999 verzeichnete lediglich die 60 kg N/ha-Variante eine Prolin-Abnahme, ein Düngungseffekt wie zuvor beschrieben war hier nur tendenziell zu erkennen. In den übrigen Jahren (1995, 1996, 1998) nahm Prolin in allen Düngevarianten zu. 1996 fand sich wiederum in der Tendenz ein positiver Düngungseffekt, in 1995 und 1998 ließ sich kein Einfluß der Düngung festmachen. Da die Prolin-Konzentrationen im Most unabhängig von der Düngung waren, ergaben sich im Verlauf von absoluten und relativen Veränderungen keine Unterschiede. 1994 nahm die relative Prolin-Abnahme mit der Düngung von +5% auf -40% ab, 1997 von +13% auf -5%. Die Abnahme an Prolin in der 60 kg N/ha-Variante des Jahres 1999 entsprach 20% der Most-Konzentration, während die Zunahmen zwischen 15 und 35% lagen. In dem Jahr 1995 fanden sich die größten relativen Zunahmen. Die Zuwächse lagen zwischen 20% (60 kg N/ha-Variante) und 65% (150 kg N/ha). Geringere Zuwächse verzeichneten die Jahre 1996 (5% in der Nullvariante bis 35% in der 90 kg N/ha-Variante) und 1998 (5% bei 30 kg N/ha bis 25% bei 60 kg N/ha).

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung betrug 11% ohne signifikant zu sein. Die Reststreuung betrug knapp 60%.

Tab. 57: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Pro-Abnahme während der Gärung. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	23,7	7,2***						
Düngung	5,9	2,2	66,4**	34,0	21,8	22,4	16,2	21,8
Jahr x Düngung	11,3	0,9						
Rest	59,2		33,6	66,0	78,2	77,6	83,8	78,2

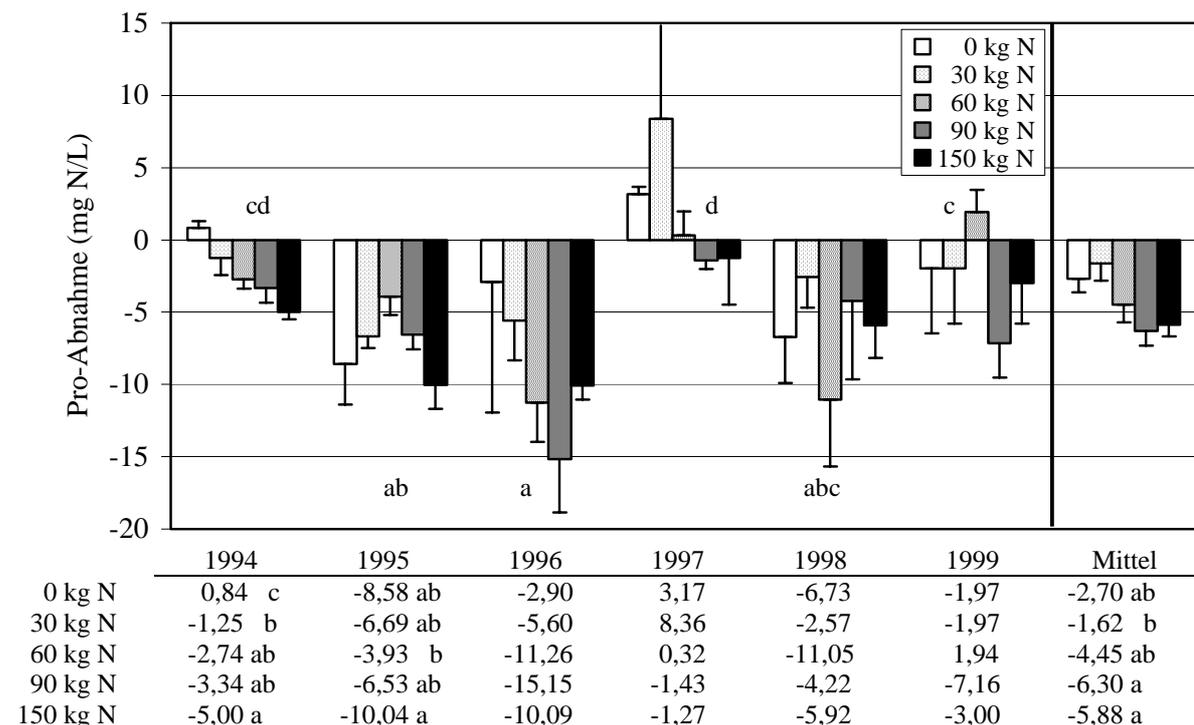


Abb. 35: Pro-Differenz (Most - Wein, in mg N/L) im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.5.2.4 Tryptophan

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang beeinflusst die Tryptophan-Abnahme zu 12%. Die größte Abnahme war 1995 (-3,3 mg N/L), gefolgt von den Jahren 1996 (-2,4 mg N/L) sowie 1994 und 1997 (-1,8 mg N/L). In den Jahren 1998 und 1999 nahm die Tryptophan-Konzentration lediglich um 0,3 bzw. 0,5 mg N/L ab. Die prozentuale Abnahme war vor allem 1996 (-54%) und 1998 (-26%) niedriger als in den übrigen Jahren mit 82% (1999) bis 92% (1994).

Düngungseinfluß

Es konnte kein allgemeiner Düngungseinfluß festgestellt werden. Auch innerhalb der Jahre fand sich kein Einfluß der Düngung auf die Tryptophan-Abnahme während der Gärung.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung betrug 29%. Die Reststreuung lag bei 56%.

Tab. 58: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Trp-Abnahme während der Gärung. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	12,4	373,6**						
Düngung	3,0	25,9	49,9*	73,2***	39,9	2,8	40,0	9,2
Jahr x Düngung	28,9	6,0**						
Rest	55,7		50,1	26,8	60,1	97,2	60,0	90,8

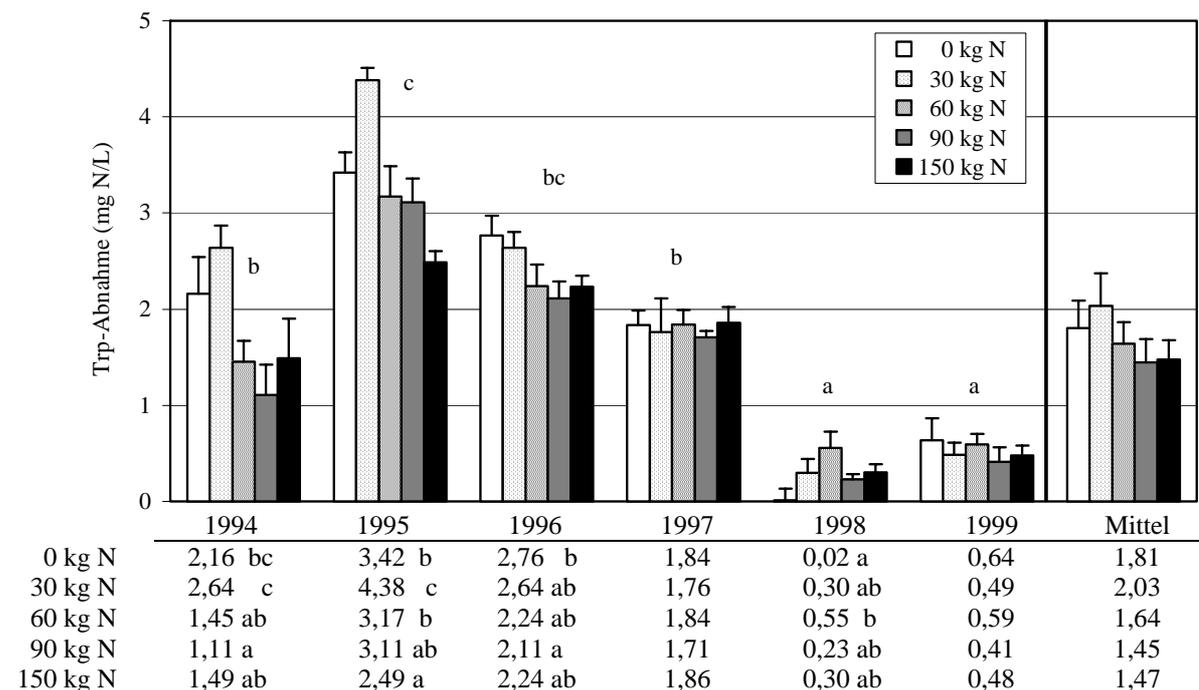


Abb. 36: Trp-Differenz (Most-Wein, in mg N/L) im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.5.2.5 Weitere Aminosäuren

Die Aminosäuren können bezüglich der Veränderung ihrer Konzentration während der Gärung in drei Gruppen klassifiziert werden: In der **1. Gruppe** befinden sich die Aminosäuren, die in allen Jahren (aber nicht Dünge­stufen) abnahmen. In diese Gruppe fallen Arginin, Gluta­min, iso-Leucin, Leucin, Phenylalanin, Serin, Tryptophan, Valin.

Glutamin wurde bei der Gärung nahezu vollständig verbraucht. Lediglich im Jahr 1996 mit extrem hohen AS-Konzentrationen betrug die Abnahme nur 60%, in den anderen Jahren betrug sie 94-100%. Trotz dieser starken Abnahme konnte man mit zunehmender Düngung kontinuierlich sinkende Abnahmeraten feststellen. 1997 betrug die Abnahme in der Nullvariante 100%, in der hochgedüngten Variante dagegen 91%. In den Jahren 1994 und 1995 sanken die Abnahmeraten von 99 bzw. 100% auf 97%. Im Jahr 1996 fanden sich die höchsten Mostkonzentrationen in den 60 und 90 kg N/ha-Varianten. Die absolute Glutamin-Abnahme war in diesen Varianten ebenfalls am höchsten, dennoch sank die Abnahmerate kontinuierlich von 65% in der Nullvariante auf 53% in der 150 kg N/ha-Variante. In den übrigen zwei Jahren 1998 und 1999 wurde das gesamte Glutamin bei der Gärung verbraucht.

Die relative **iso-Leucin**-Abnahme betrug 1994 durchschnittlich 93%, 1997 und 1999 sogar 100%. Dagegen wurde 77% des iso-Leucin im Jahr 1995 verbraucht, 1996 waren es lediglich 5%. 1998 wurde weder in Most noch in Wein iso-Leucin detektiert. 1995 fand sich eine signifikant geringere Abnahme in der hochgedüngten Variante gegenüber der Nullvariante. Sowohl die Absolutwerte wie auch die prozentuale Abnahme sanken mit der Düngung kontinuierlich. 1999 konnte kein Düngungseinfluß festgestellt werden, hier fand sich allerdings eine Zunahme in der 60 kg N/ha-Variante.

Die geringste relative Abnahme an **Leucin/Phenylalanin** fand sich 1995 mit 25%. Ebenfalls geringe Abnahmeraten wurden 1996 (-35%) und 1998 (-30%) verzeichnet. In den übrigen Jahren wurde Leucin/Phenylalanin zu ca. 60% (1999), 70% (1994) bzw. 90% (1997) verbraucht. Die N-Düngung führte 1994-1996 zu sinkender Leucin/Phenylalanin-Abnahme (sowohl absolut als auch relativ), 1997 war dies nur noch tendenziell, 1998 und 1999 gar nicht mehr der Fall.

Serin wurde in den Jahren 1994, 1997 und 1999 in der Gärung nahezu vollständig verbraucht. Die absolute Abnahme von ca. 2 mg N/L in diesen Jahren entsprach einer Verminderung um 90, 95 bzw. 100%. Dagegen lag die Abnahmerate in den anderen Jahren mit 40% (1995), 15% (1996) und 1,4% (1998) wesentlich niedriger. In diesen Jahren sank auch die absolute wie relative Abnahme von Serin mit der Düngung. 1995 betrug die Abnahmerate in der Nullvariante nahezu 80% und sank auf 7% in der 150 kg N/ha-Variante. 1996 und 1998 wurde in der hochgedüngten Variante sogar im Mittel eine Zunahme von Serin festgestellt, während die durchschnittliche Abnahme in der Nullvariante noch 35% betrug.

Die Abnahme der **Valin**-Konzentration in den Jahren 1994, 1995 und 1999 um 1,8, 2,7 und 0,7 mg N/L entsprach in allen Jahren einer Verringerung um 90%. Demgegenüber wurden 1995 nur 20% (1 mg N/L) und 1996 nur 10% (1,8 mg N/L) Valin in der Gärung verbraucht. 1998 fand sich im Durchschnitt sogar eine Zunahme an Valin um 1%. In den Jahren 1994-1996 nahm in der Nullvariante das Valin (absolut und relativ) am stärksten ab, die Abnahme sank mit zunehmender Düngung. 1997 war dies nur für die Abnahmerate der Fall. 1999 ergab sich auf sehr niedrigem Niveau kein Zusammenhang mit der Düngung. Dagegen beruhte die Zunahme im Mittel des Jahres 1998 auf der Nullvariante,

in der eine um 0,8 mg N/L höhere Valin-Konzentration im Wein gefunden wurde. Die Abnahmen in den anderen Varianten lagen dagegen nur um 0,1 mg N/L.

Die Aminosäuren der **2. Gruppe** reagierten in den verschiedenen Jahrgängen variabel. In den Streßjahren bei niedriger AS-Konzentration im Most nahmen sie bei der Gärung ab. In den gut versorgten Jahren nahmen sie zu. Neben Alanin gehören hierzu die Aminosäuren Glutaminsäure, Asparaginsäure, c-Aminobuttersäure, Citrullin, Glycin und Threonin.

In den Jahren 1997-1999 nahm **Asparaginsäure** in der Gärung zu 100% ab (wobei nur wenig detektiert wurde). 1994 wurde ebenfalls der Hauptteil an Asparaginsäure verbraucht (-90%), wobei in allen Düngevarianten gleich viel Asparaginsäure abnahm. Dagegen nahm die Asparaginsäure-Konzentration 1995 und 1996 zu (+30% bzw. +60%). Mit höherer N-Düngung stieg diese Zunahme an Asparaginsäure.

Die stärkste Abnahme an **Glutaminsäure** fand im Jahrgang 1999 statt, indem es völlig aufgebraucht wurde. 1994 betrug die Abnahmerate 80%, 1997 wurde auf sehr niedrigem Niveau keine Glutaminsäure verbraucht. In den übrigen Jahren fand sich eine Zunahme der Glutaminsäure-Konzentration um 1,5 mg N/L (1995) bis 6,7 mg N/L (1996). In diesen Jahren konnte man in der Tendenz einen Düngungseffekt feststellen: Mit zunehmender Düngung wurde während der Gärung mehr Glutaminsäure freigesetzt.

1999 wurde **c-Aminobuttersäure** zu 98% in der Gärung verbraucht. 1994 nahm c-Aminobuttersäure um 5,4 mg N/L ab, was 75% entsprach. 1997 betrug die Abnahme mit 0,8 mg N/L nur 30%. In den anderen Jahren nahm die Konzentration zu. Am höchsten war die Zunahme 1996 mit 16,7 mg N/L (+200%). Die Zunahme um 2,5 mg N/L 1995 und 1996 entsprach Zuwachsraten von 30 bzw. 20%. 1994 und 1997 sank die Abnahme mit der Düngung signifikant. In der Nullvariante wurden 1994 7,4 mg N/L (-90%) abgebaut, in der 150 kg N/ha-Variante waren es nur 1,2 mg N/L (-20%). 1997 fand sich in den hochgedüngten Varianten sogar eine geringe Zunahme der c-Aminobuttersäure-Konzentration um 0,4 mg N/L, in übrigen Varianten betrug die Abnahme zwischen 0,6 (30 kg N/ha) und 2,6 mg N/L (0 kg N/ha).

Citrullin konnte 1997 und 1999 weder in Most noch in Wein detektiert werden. 1994 nahm es in der Gärung fast vollständig ab. Auch 1995 und 1996 nahm die Citrullin-Konzentration im Mittel ab (-30% bzw. -3%), in beiden Jahren fand sich aber in je einer Düngevariante eine Zunahme; 1995 in der Nullvariante und 1996 in der 150 kg N/ha-Variante. Im Jahr 1998 konnte in allen Düngevarianten eine Zunahme der Citrullin-Konzentration festgestellt werden. Glycin nahm in den Jahren 1995 und 1997 um 0,4 bzw. 1,4 mg N/L zu. 1996 nahm es sehr stark um 11,5 mg N/L ab, in den Jahren 1994, 1998 und 1999 lag die Abnahme bei 0,2-0,4 mg N/L. 1994, 1997 und 1999 fand sich in den hochgedüngten Varianten dagegen eine Zunahme an Glycin. 1995 fiel allerdings die 60 kg N/ha-Variante mit einer Glycin-Abnahme heraus.

Threonin nahm lediglich 1996 in der Gärung zu (+5 mg N/L). Ansonsten wurden Abnahmen zwischen 0,4 (1998) und 5 mg N/L (1997) festgestellt. Die stärkste Abnahmerate fand sich damit 1994 (-96%), während sie bis auf 1998 (-4%) um 50% herum lag. Ein Düngungseinfluß war nicht gegeben.

Schließlich konnte man bei der **3. Gruppe** der Aminosäuren immer eine Zunahme feststellen. Dazu gehören Asparagin, Ornithin, Lysin und Tyrosin. **Asparagin** konnte 1999 weder in Most noch in Wein detektiert werden. Die Zunahmen waren 1996 mit 9 mg N/L am höchsten, gefolgt von 1998 (+4,5 mg N/L). 1995 lagen sie bei 1,9 mg N/L, während die Asparagin-Konzentration ansonsten um 1,5 mg N/L (1994, 1997) bzw. gar nicht zunahm. Gegenüber Mostkonzentrationen zwischen 0 und 0,4 mg N/L bedeuteten diese Veränderungen enorme Zuwachsraten. Mit höherer N-Düngung nahm der Zuwachs

an Asparagin deutlich und signifikant zu. 1996 war der Zuwachs in der hochgedüngten Variante doppelt so hoch wie in der Nullvariante, 1994 und 1998 sogar 6 bzw. 9 mal so hoch. Lediglich 1997 lag die 150 kg N/ha-Variante wieder etwas tiefer.

Die Zunahme an **Ornithin** betrug 1997-1999 0,4 mg N/L, in den anderen Jahren lag sie durchschnittlich bei 0,6 (1994), 1,2 (1996) und 2,1 mg N/L (1995). Gegenüber den Mostkonzentrationen (0,1-1,3 mg N/L) waren die Werte damit um 100-700% gestiegen. Dabei stiegen die Zunahmen 1994 und 1995 deutlich mit der N-Düngung, 1996 fand sich dagegen ein negativer Düngungseinfluß. In den übrigen Jahren übte die Düngung keinen Einfluß aus.

Lysin nahm 1998 am stärksten zu (4,9 mg N/L). In den anderen Jahren lag die Zunahme zwischen 1,5 (1999) und 2,7 mg N/L (1996). Einen positiven, hoch signifikanten Düngungseinfluß konnte man insbesondere 1994 und 1997 mit großen Unterschieden zwischen der Null- und der 150 kg N/ha-Varianten feststellen. Auch 1998 konnte ein geringer Düngungseinfluß beobachtet werden. 1999 nahm Lysin dagegen im Mittel um 0,4 mg/L ab.

In der Regel nahm **Tyrosin** in der Gärung zu, 1997 stellte aber eine Ausnahme dar, im Mittel nahm in diesem Jahr die Konzentration auf niedrigem Niveau um 7% (0,02 mg N/L) zu. Die Zuwachsraten, die in allen anderen Jahren festgestellt wurden, lagen zwischen 10% im Jahr 1996 und 140% (1998). Die absoluten Zunahmen betragen zwischen 0,1 mg N/L (1994) und 0,7 mg N/L (1998). Ein Düngungseinfluß war nicht auszumachen.

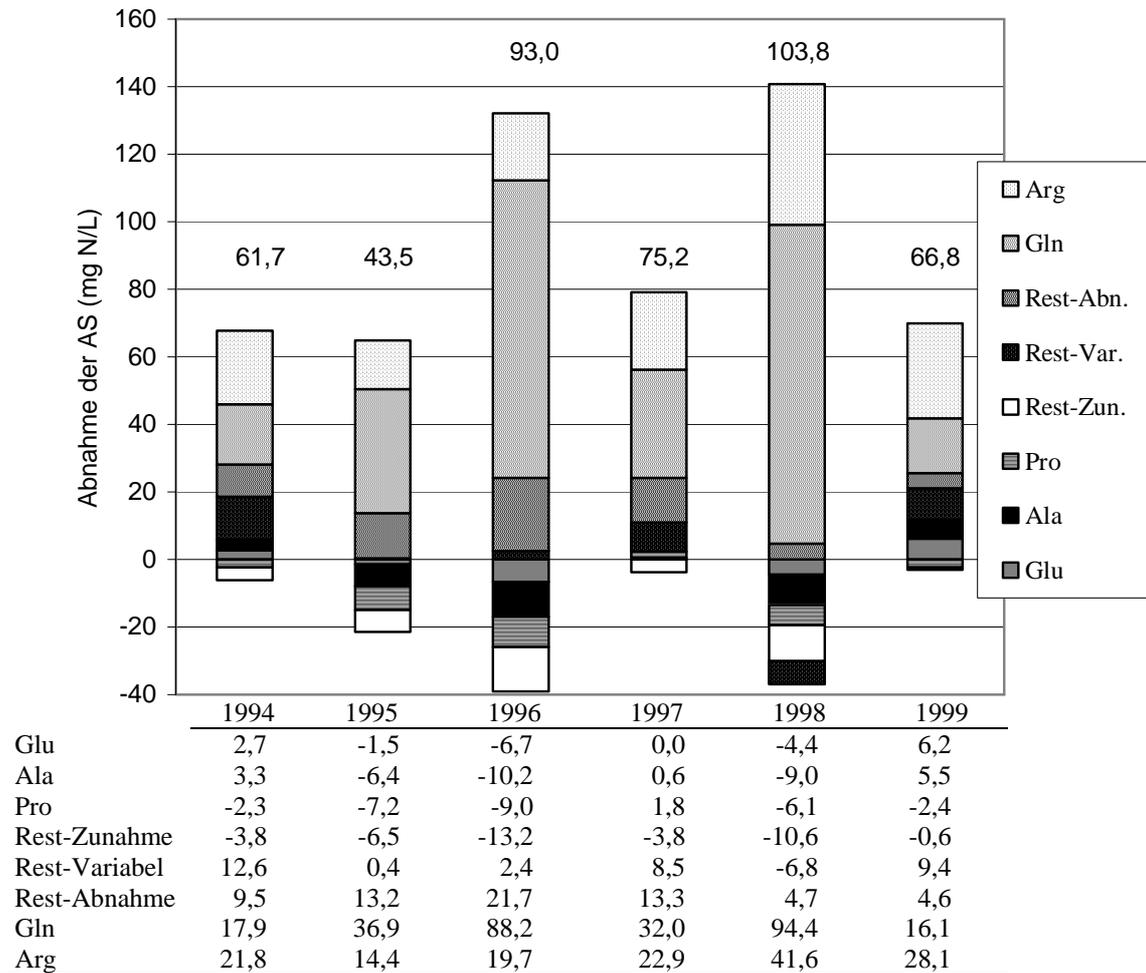


Abb. 37: Abnahme (positive Werte) bzw. Zunahme (negativ) der Aminosäuren (mg N/L) während der Gärung (Rest-Zunahme: Orn, Lys, Tyr, Asn; Rest-Abnahme: Ile, Leu/Phe, Ser, Trp, Val; Rest-Variabel: Asp, c-ABA, Cit, Gly, Thr); die Netto-Abnahme ist über den Säulen vermerkt.

4.5.3 Tryptophan-Derivate

4.5.3.1 Gesamt-IES

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang beeinflusste die Abnahme von Gesamt-IES zu 67%. Die signifikant höchsten Abnahmen während der Gärung fanden sich 1996 mit durchschnittlich 265 µg/L. Es folgen die Jahre 1998 und 1995, in denen die Gesamt-IES-Konzentration um 175 bzw. 165 µg/L abnimmt. Die geringsten Abnahmen waren in den Jahren 1997 (50 µg/L) und 1999 (70 µg/L) und 1994 (95µg/L) zu verzeichnen. Damit war die absolute Abnahme 1996 über 4 mal so hoch wie 1997. Betrachtet man die relative Abnahme an Gesamt-IES, dann unterschieden sich die Jahrgänge 1995, 1996 und 1998 nur noch wenig. In diesen Jahren nahm die Konzentration an Gesamt-IES um 80% (1998) bis 90% (1995) ab. 1994 betrug die Abnahme 70%, während 1997 und 1999 die Gesamt-IES-Konzentration nicht nur absolut gesehen wenig abnahm, sondern auch die relative Abnahme lediglich 30% (1997) bzw. 50% (1999) betrug.

Düngungseinfluß

Ein Düngungseinfluß auf die Abnahme konnte nicht festgestellt werden. Lediglich 1995 lag die 90 kg N/ha-Variante signifikant unter allen anderen Varianten. Große Spannen fanden sich 1997 und 1999, die aber in ihrer Tendenz gegenläufig sind. Bezogen auf die relative Abnahme fanden sich selbst 1995 keine Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten mehr. 1997 und 1999 waren auch die relativen Abnahmen sehr unterschiedlich. 1997 nahm die Gesamt-IES-Konzentration in der 150 kg N/ha-Variante lediglich um 8% ab, in den anderen Varianten dagegen um 35-40%. 1999 fielen die Nullvariante (-10%) und die 60 kg N/ha-Variante (-30%) etwas heraus, in den anderen Varianten betrug die Abnahme 60-70%.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung lag bei 6%, ist aber nicht signifikant. Die Reststreuung betrug 27%.

Tab. 59: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Abnahme (Most - Wein) während der Gärung. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	66,5	43,8***						
Düngung	0,4	0,3	12,7	56,6*	2,7	11,7	10,4	31,5
Jahr x Düngung	5,8	0,9						
Rest	27,3		87,3	43,4	97,3	88,3	89,6	68,5

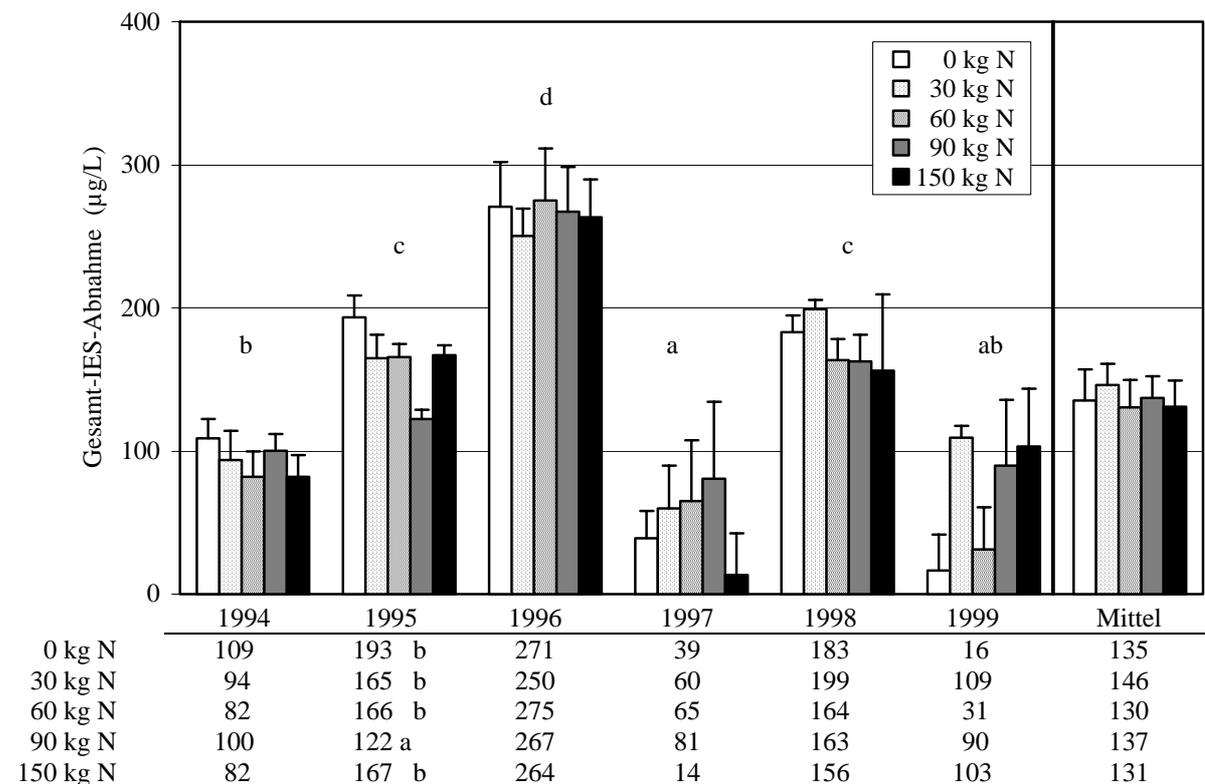


Abb. 38: Gesamt-IES-Abnahme (Most - Wein, in $\mu\text{g/L}$) im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.5.3.2 Weitere Tryptophan-Derivate

Die **NFK**-Konzentration nahm in der Regel in der Gärung deutlich ab; z.B. 1995 – bei sehr hohen Konzentrationen im Most – um über 85%, 1997 und 1998 um 70%, und 1994 um 55%. Hierbei war die NFK-Konzentration 1994 im Most extrem niedrig und 1997 ebenfalls unterdurchschnittlich. 1996 und 1999 fanden sich neben den geringsten Abnahmen auch Zunahmen der NFK-Konzentration: 1996 fanden sich Abnahmeraten von 1-40% und Zunahmen um 0,1%. Im Jahr 1999 betrug die Abnahme zwischen 1-15%; in der Nullvariante sowie der 90 kg N/ha-Variante fand sich dagegen eine Zunahme der NFK-Konzentration um 20%.

Beim **AA** fanden sich 1994 und 1995 geringe Zunahmen, während 1996 und 1999 die AA-Konzentration sehr stark abnahm (70-100%). 1997 und 1998 wurde weder in Most noch in Wein AA detektiert.

Die anderen Derivate (**MTHCC**, **TOH**, **IES**, **IMS**) nahmen bei der Gärung enorm zu. Die Konzentrationen im Wein betragen ein Vielfaches der Mostkonzentrationen, so daß die absolute Zunahme praktisch der Weinkonzentration entsprach und deshalb nicht gesondert betrachtet werden muß. Die **MTHCC**-Konzentration im Wein war 1994 knapp doppelt so hoch wie im Most. 1998 stieg die Konzentration in der Gärung dagegen um das 100-fache. In den übrigen Jahren betrug die relative Zunahme das 7-17-fache. Die Zunahme der **TOH**-Konzentration betrug in den Jahren 1994 und 1995 das 30 bzw. 20-fache. In den anderen Jahren stieg die Konzentration um das 70-fache (1996) bis um das 110-fache (1997). Die **IMS**-Konzentration war 1996 nach der Gärung doppelt so hoch, 1998 sogar 100 mal so hoch. Die Zunahme in den übrigen Jahren betrug zwischen dem 6-fachen (1997) und dem 11-fachen (1994). Bezüglich der **IES**-Konzentration fand sich 1994 und 1996 durch die Gärung eine Verdopplung. In den anderen Jahrgängen war die Zunahme stärker. 1995 war die Konzentration im Wein 5 mal so hoch wie im Most, 1997 betrug sie das 10-fache und 1999 das 25-fache. Im Jahr 1998, indem die IES-Konzentration im Most unter der Nachweisgrenze lag, fand sich die stärkste Zunahme von mindestens dem 50-fachen.

Ein Düngungseinfluß fand sich bei keinem der Tryptophan-Derivate bezüglich der relativen Zunahme in der Gärung.

4.5.4 Gärkurven

Die Gärgeschwindigkeit wurde stark von der Düngungsvariante beeinflusst. Die Weine aus der Nullvariante goren in der Regel langsamer als Weine aus den gedüngten Varianten. Lediglich 1995 unterschieden sich die Weine in ihrem Gärverlauf nicht. In den Jahrgängen 1994 und 1999 waren die Unterschiede in der CO₂-Entwicklung enorm, 15 Tage nach Gärbeginn wiesen die Düngevarianten in ihrer CO₂-Abgabe Werte von 45-70 bzw. 40-70 g/L auf. In den anderen Jahren war diese Spannweite mit 10 bzw. 20 g/L wesentlich geringer. In der ersten Gärhälfte konnte oft eine Differenzierung der einzelnen Düngevarianten gemäß der N-Düngung beobachtet werden. 1994 und 1997 fand sich eine zunehmend stärkere Gärung mit zunehmender N-Düngung. 1999 verliefen bis zum 15. Gärtag die Gärkurven der beiden hoch gedüngten Varianten (90, 150 kg N/ha) und der beiden moderat gedüngten Varianten identisch, danach nahm die Gärintensität der 30 kg N/ha-Variante im Vergleich zur 60 kg N/ha-Variante ab. Auch in den Jahren 1996 und 1998 stieg die Gärintensität im Mittel mit der N-Düngung. Dabei fiel 1996 die 30 kg N/ha-Variante mit durchschnittlich gleicher CO₂-Produktion wie die 90 kg N/ha-Variante aus dem Rahmen. 1998 dagegen goren die 60 und 90 kg N/ha-Varianten gleich stark. Die gesamte CO₂-Bildung und somit der Endvergärungsgrad war in der Hälfte der Jahre (1996, 1998, 1999) in der ungedüngten Variante am niedrigsten. 1994 und 1997 jedoch goren die Weine aus der Nullvariante langsam weiter und glichen sich den übrigen Varianten an bzw. überholten sie noch in der CO₂-Produktion.

Tab. 60: Anteilziffern (%) entsprechend den varianzanalytischen Berechnungen der CO₂-Gesamtabgabe (g/L) bis zum 5., 10., 15., 20., und 25. Tag der Gärung der Jahrgänge 1996-1997.

Gärtag	Anteilziffer zweifaktoriell			Anteilziffer einfaktoriell			
	Jahr (J)	Düngung (D)	J x D	1996	1997	1998	1999
5	67,7***	7,3**	4,0	13,4	62,8**	16,2	47,4*
10	31,7***	24,4***	9,7	17,5	58,9**	23,3	63,7**
15	16,6***	28,5***	14,4	20,0	58,1**	23,3	62,3**
20	9,7*	26,2***	17,0	27,2	49,8*	20,5	56,6*
25	9,2*	22,6***	16,2	31,0	36,6	19,3	51,9*
Gesamt	6,0	6,6	23,1	34,6	35,4	-	29,2

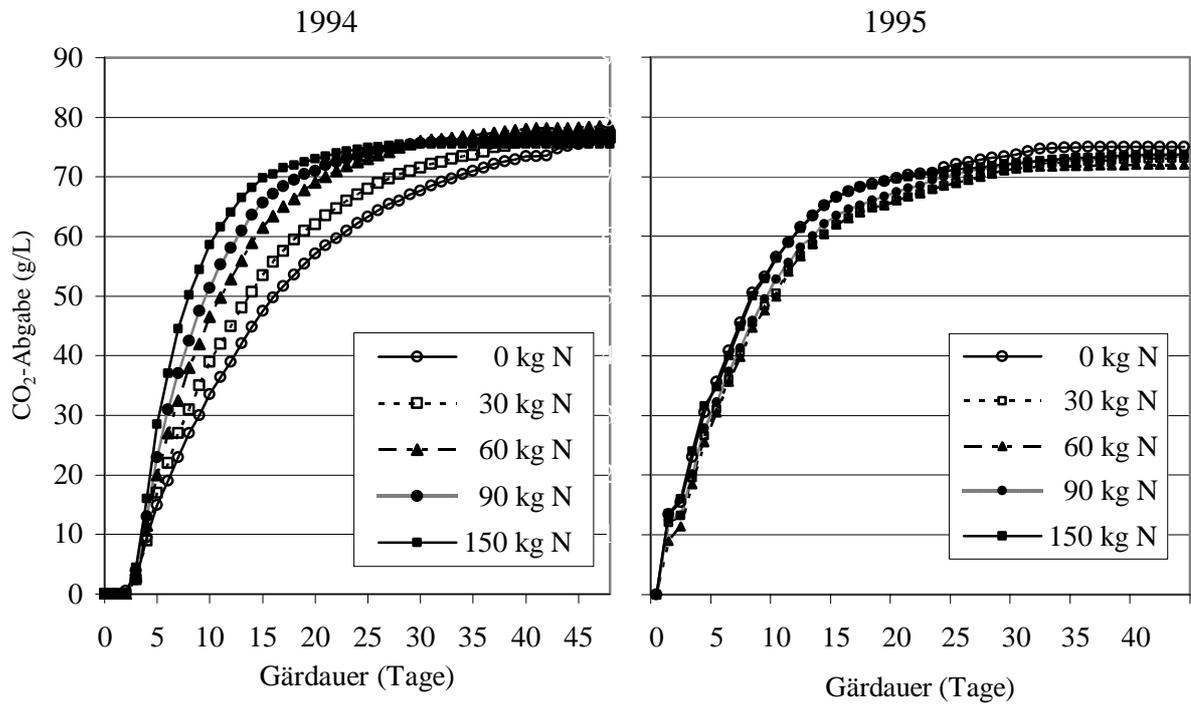


Abb. 39: Gesamt-CO₂-Entwicklung (g/L) in Abhängigkeit der Gärdauer und den Düngewarianten in den Jahren 1994-1995 (Quelle: PRIOR, 1997; BLESER, 1999).

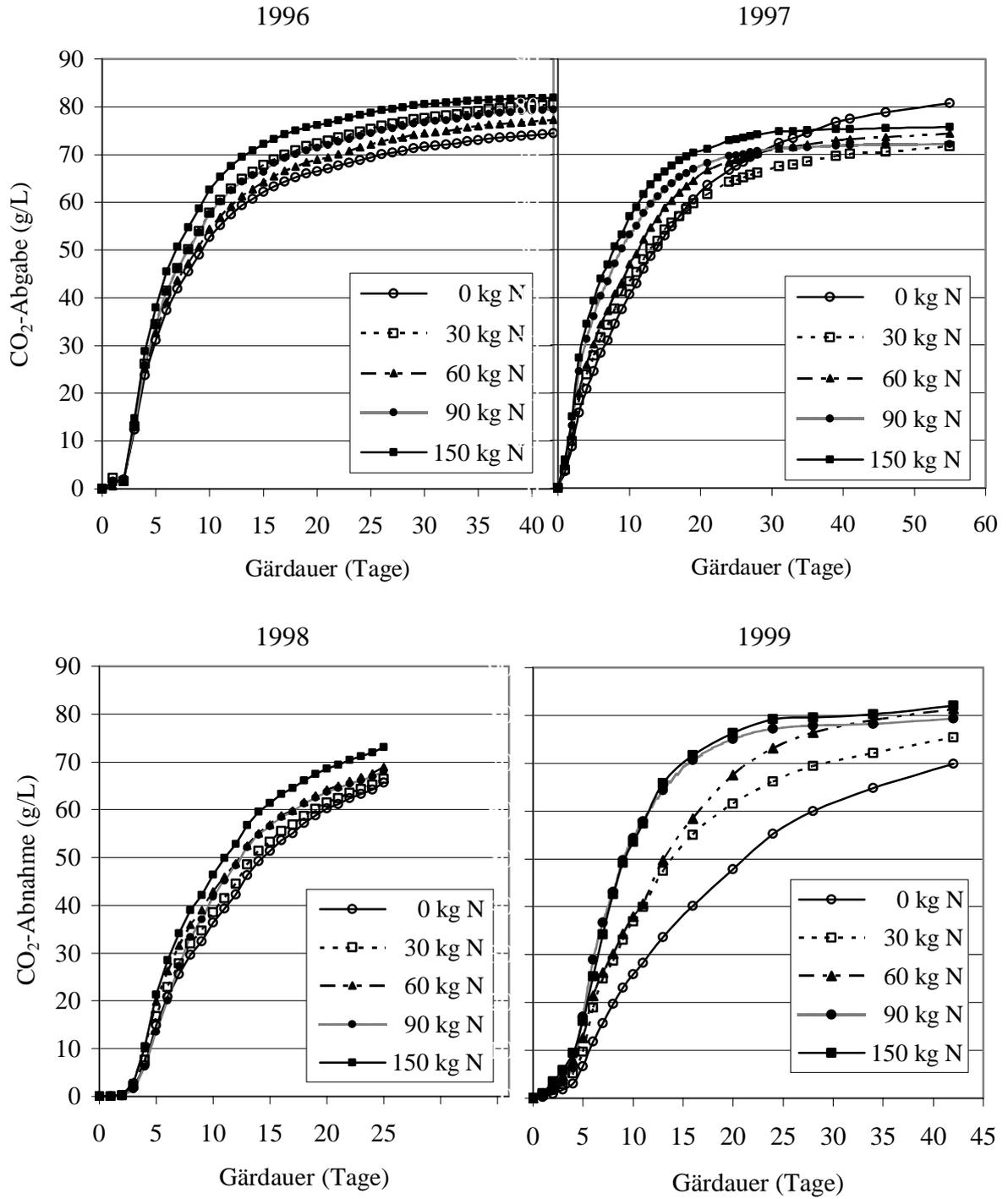


Abb. 40: Gesamt-CO₂-Entwicklung (g/L) in Abhängigkeit der Gärdauer und den Düngevarianten in den Jahren 1996-1999.

4.6 Weininhaltsstoffe

4.6.1 Mineralstoffe

4.6.1.1 Phosphor

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang beeinflusste die Gesamtvariabilität der P-Konzentration im Most zu 28%. Die niedrigsten Konzentrationen im Jahresdurchschnitt fanden sich in dem Jahr 1994 (53 mg P/L). Die übrigen Jahresdurchschnittswerte lagen relativ dicht beisammen. 1997-1998 fanden sich 85-88 mg P/L. 1995 und 1996 wurden durchschnittlich 105 bzw. 115 mg P/L gefunden. Die Unterschiede zwischen den Jahrgängen waren damit vergleichsweise gering. Im Jahr mit den höchsten Konzentrationen wurde im Schnitt das Doppelte an P des niedrigsten Jahres gemessen. Der Unterschied zum nächstniedrigen Jahr betrug dann nur noch das 1,3-fache. Die N-Düngung hatte keinen Einfluß auf diesen Jahrgangseinfluß. Sowohl im Verlauf als auch in der Ausprägung entsprach der Jahrgangseinfluß innerhalb der Düngungsvarianten diesen Beobachtungen.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung erklärt 51% der P-Konzentrationen im Wein. Im Mittel nahmen sie mit zunehmender N-Gabe kontinuierlich und signifikant ab. Lediglich die beiden hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) unterschieden sich nicht signifikant. Durchschnittlich sank die P-Konzentration bei einer Düngung von 30 kg N/ha um 25% gegenüber der ungedüngten Variante. In der hoch gedüngten 150 kg N/ha-Variante fand sich 55% weniger P im Wein. Innerhalb der Jahrgänge war der Einfluß der N-Düngung auf die P-Konzentration hochsignifikant und lag zwischen 70 und 83%. Bis auf 1997 sank in allen Jahren die P-Konzentration kontinuierlich mit der Düngung. Auch 1997 nahm die Konzentration bei N-Düngung ab. Die 60 kg N/ha-Variante riß allerdings leicht nach oben aus. Dennoch fand sich in der Nullvariante der niedrigste Wert, was sich jedoch nur gegenüber den beiden hochgedüngten Varianten absichern ließ. In allen anderen Jahren lag die Nullvariante immer signifikant über den gedüngten Varianten. Die Unterschiede zur 30 kg N/ha-Variante waren in der Regel erst ab einer Düngung mit 90 kg N/ha absicherbar. Die relative Abnahme der P-Konzentration bei einer Düngung mit 150 kg N/ha lag in den meisten Jahren (1995, 1996, 1988, 1999) zwischen 50 und 60%. 1994 wies dagegen die 150 kg N/ha-Variante eine um 70% niedrigere P-Konzentration als die ungedüngte Variante auf. Demgegenüber sank die Konzentration 1997 nur um 45%.

Die Wechselwirkung zwischen der Düngung und dem Jahrgang lag bei 6%. Die Reststreuung betrug 15%.

Tab. 61: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der P-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	28,3	33,8***						
Düngung	50,5	75,5***	70,4***	80,2***	78,6***	80,0***	81,7***	83,5***
Jahr x Düngung	6,0	1,8*						
Rest	15,1		29,6	19,8	21,4	20,0	18,3	16,5

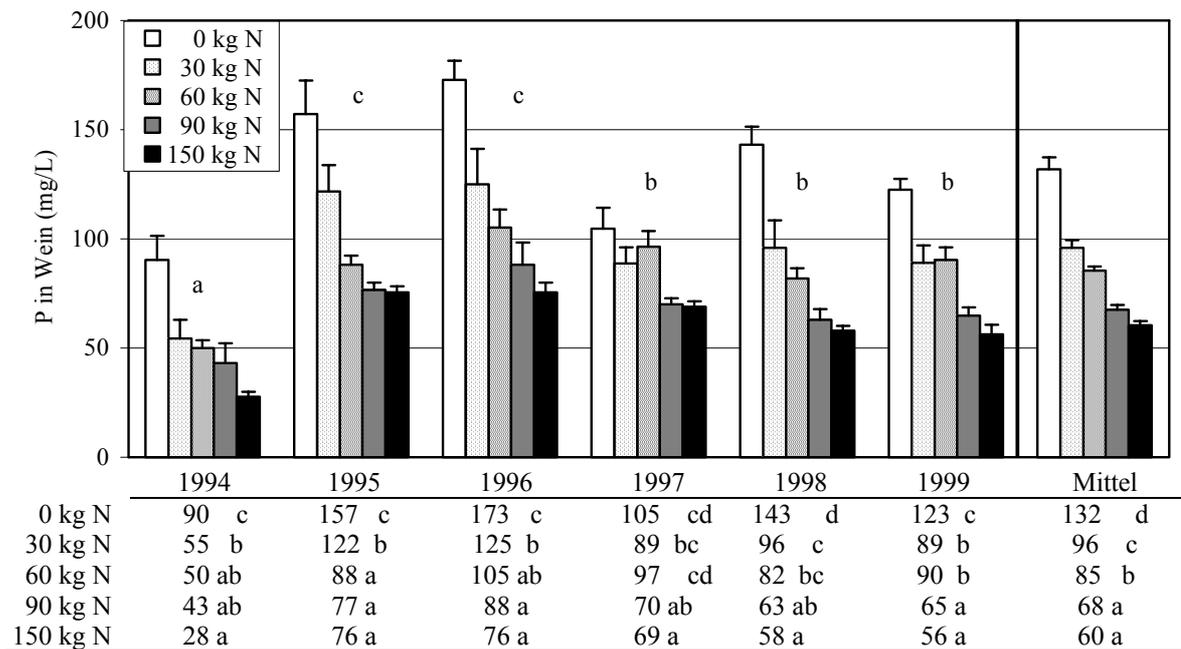


Abb. 41: P-Konzentration (mg/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.1.2 Weitere Mineralstoffe

Außer den schon beschriebenen Mineralstoffen im Wein reagierten auch Mg, Ca und Zn signifikant auf eine N-Düngung.

Die höchsten **Mg**-Konzentrationen fanden sich 1995 und 1996 (99 bzw. 92 mg/L). Es folgt das Jahr 1998 mit 88 mg/L. Unterdurchschnittliche Mg-Konzentrationen wiesen die Jahre 1997 (79 mg/L) sowie 1994 und 1999 (69 mg/L) auf. Bis auf die zwei höchsten und die zwei niedrigsten Jahre unterschieden sich alle Jahre signifikant voneinander. Die Mg-Konzentration nahm mit der N-Düngung ab. Im Mittel waren die Unterschiede zwischen den 0-60 kg N/ha-Varianten von den 90-150 kg N/ha-Varianten absicherbar. Die Abnahme betrug maximal 10%. Bis auf das Jahr 1998 fand sich in allen Jahrgängen die Tendenz zu abnehmenden Mg-Konzentrationen bei N-Düngung. Am stärksten war dies in den Jahren 1994, 1997 und 1999 mit Anteilsziffern zwischen 50-60% ausgeprägt.

Die niedrigsten **Ca**-Konzentrationen wurden 1999 (90 mg/L) und 1996 (104 mg/L) gemessen. Es folgen die beiden Jahre 1994 (121 mg/L) und 1995 (127 mg/L). Die höchsten Werte fanden sich 1998 (150 mg/L) sowie 1997 (167 mg/L). Sämtliche Jahrgangsunterschiede waren signifikant. Im Mittel hatten die Weine der Nullvariante gegenüber den gedüngten Varianten eine um 7-10% absicherbar höhere Ca-Konzentration. Am stärksten, und signifikant, war dieser Düngungseinfluß 1996 und 1997, in denen er 60 bzw. 50% der Ca-Konzentration erklärte. Die niedrigsten Anteilsziffern fanden sich 1998 und 1999 (7-15%).

Die **Zn**-Konzentration war 1995 (1,9 mg/L) und 1999 (2,05 mg/L) im Jahresdurchschnitt am niedrigsten. Die nächsthöheren Werte fanden sich 1996 (2,25 mg/L) sowie 1997 und 1998 (2,45 mg/L). Im Jahrgang 1994 wurden die höchsten Konzentrationen gefunden (2,7 mg/L). Die hochgedüngten Varianten hatten eine um 12-20% niedrigere Zn-Konzentration im Vergleich zu der ungedüngten Variante, was sich auch absichern ließ. In den einzelnen Jahren hatte die N-Düngung einen Einfluß von 15-40% der nicht absicherbar war.

Tab. 62: Anteil und Konzentrationen der Mineralstoffe und N im Wein, sowie die varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Konzentrationen. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Mittelwert der Anteilsziffern für die Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	% - Anteil an Gesamt-Mineralstoffe	Konzentration (mg /L)		Anteilsziffer (zweifaktoriell)			Anteilsziffer (Düngung einfaktoriell im Mittel)	
		Mittel	Min - Max	Jahrgang (J)	Düngung (D)	J x D		Rest
N	24,0	290,3	26,0 - 910,0	89,8***	5,0***	1,9***	3,3	67,9**
P	7,3	88,2	22,5 - 188,0	28,3***	50,5***	6,0*	15,1	79,1***
K	49,3	596,7	387,5 - 840,0	66,5***	0,9	6,4	26,2	24,7
Mg	6,8	82,7	59,5 - 114,5	80,9***	5,8***	1,5	11,8	41,1*
Ca	10,4	126,3	78,0 - 178,0	88,1***	2,8***	1,6	7,5	36,8*
Na	1,6	19,8	9,5 - 54,5	38,6***	0,4	7,8	53,1	17,1
Fe	0,3	3,3	0,6 - 11,8	51,7***	0,8	7,1	40,4	21,8
Zn	0,2	2,3	0,8 - 5,9	14,5**	8,3*	7,3	69,9	24,5
Mn	0,07	0,8	0,1 - 1,6	25,8***	2,6	4,8	66,8	6,6
Cu	0,01	0,2	0,04 - 0,5	8,8	7,0	14,4	69,8	26,9

4.6.2 Aminosäuren und Gesamt-N

4.6.2.1 Gesamt-N

Jahrgangseinfluß

Die N-Konzentration im Wein wurde zu 90% durch den Jahrgang beeinflusst. Die niedrigsten Werte fanden sich 1994 (95 mg N/L). In den Jahren 1999 und 1997 waren die Konzentrationen ebenfalls unterdurchschnittlich (125 bzw. 150 mg N/L). Signifikant höher war die N-Konzentration in den Jahrgängen 1995 und 1998 mit 305-350 mg N/L. Die Weine des Jahrgangs 1996 wiesen mit großem Abstand die höchsten Werte auf (720 mg N/L) und waren damit 7,6 mal höher als im niedrigsten Jahr 1994. Die mittlere Konzentration 1995 war immer noch doppelt so hoch wie in 1997, dem Jahr mit den nächsttieferen Werten. Innerhalb der einzelnen Düngegruppen folgte der Jahrgangseinfluß diesem Verlauf. In den Varianten mit 0-60 kg N/ha war er stärker; in den 90 bzw. 150 kg N/ha-Varianten etwas schwächer ausgeprägt. In der hoch gedüngten Variante war die Konzentration 1996 nur noch ca. 5,6 mal so hoch wie in dem Jahr mit den niedrigsten Konzentrationen (1994).

Düngungseinfluß

Die N-Düngung übte auf die N-Konzentration im Wein einen hochsignifikanten Einfluß aus. Ihr Anteil an der Gesamtvariabilität betrug 5%. Im Mittel stieg die N-Konzentration kontinuierlich und signifikant mit jeder Düngevariante an. Lediglich die Unterschiede zwischen der 90 kg N/ha-Variante und den 60 bzw. 150 kg N/ha-Varianten ließen sich im Mittel nicht absichern. Gegenüber der Nullvariante stiegen die N-Konzentrationen bei einer Düngung mit 30 kg N/ha um 32%, bei 60 kg N/ha waren es 46% und die hoch gedüngte Variante wies eine Steigerung von 72% auf. Der Düngungseinfluß war innerhalb der Jahre verschieden stark ausgeprägt. In 1994, 1997 und 1999 betrug die Steigerungsraten von der ungedüngten zur 150 kg N/ha-Variante +125% (1994) bis +250% (1999). Die N-Düngung hatte in diesen Jahren einen Einfluß von 60 bis knapp 70% an der N-Konzentration. Auf dem höheren Niveau der übrigen Jahre (1995, 1996, 1998) waren die Steigerungsraten niedriger (45-60%). Während die Düngung 1995 die N-Konzentration zu 50% erklärte, ließ sich 1996 80% und 1999 sogar 87% durch den Düngungseinfluß erklären. Auch innerhalb eines Jahres nahm die N-Konzentration mit der Düngung kontinuierlich zu. In den Jahren 1994-1996 gilt dies ohne Ausnahme. In den übrigen Jahren gab es kleine Abweichungen: 1998 wurde die höchste Konzentration in der 60 kg N/ha-Variante, 1999 in der 90 kg N/ha-Variante gefunden

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung betrug 1,9%. Die Reststreuung lag bei 3,3%.

Tab. 63: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der N-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	89,8	488,1***						
Düngung	5,0	33,9***	59,0**	48,5*	79,9***	64,7*	87,3***	68,2**
Jahr x Düngung	1,9	2,6***						
Rest	3,3		41,0	51,5	20,1	35,3	12,7	31,8

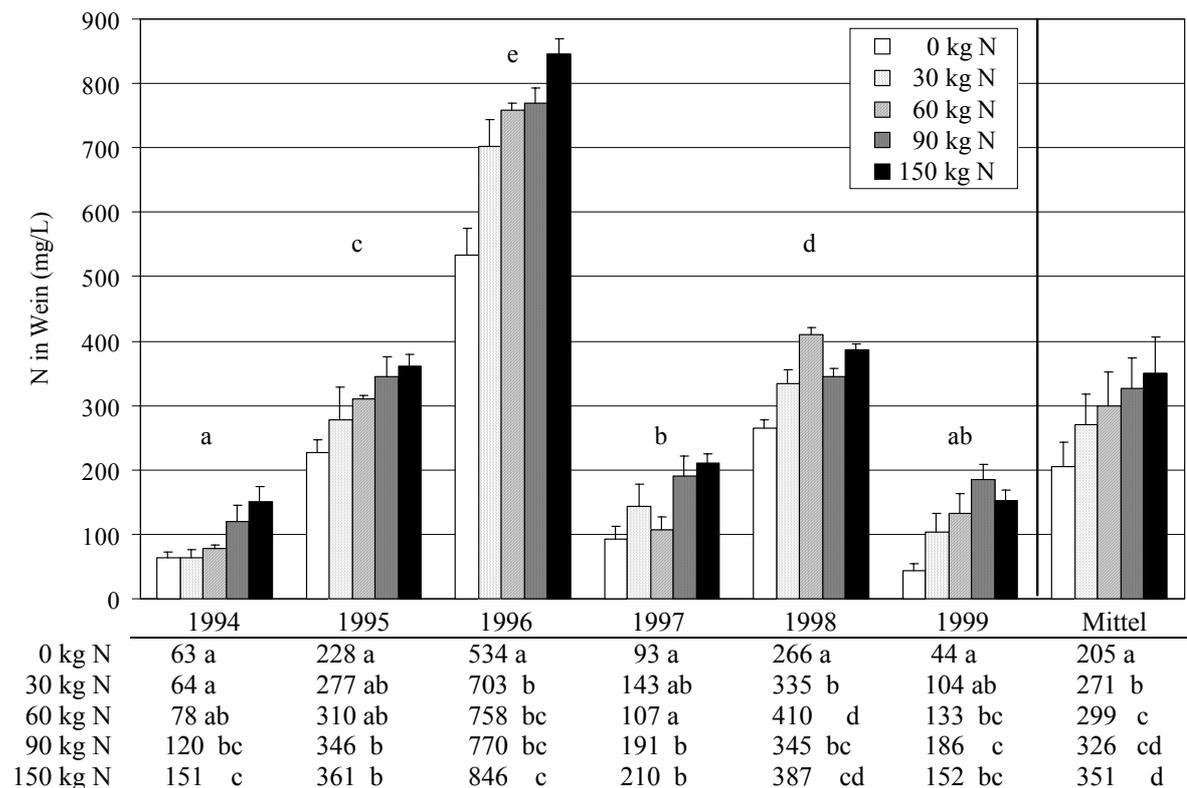


Abb. 42: N-Konzentration (mg/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.2.2 Gesamt-Aminosäuren

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß hatte einen Anteil von 91% an der Gesamtvariabilität der AS-Konzentrationen im Wein. In den Jahren 1994 und 1999 wiesen die Weine die geringsten Konzentrationen mit knapp 40 mg AS-N/L bzw. 25 mg AS-N/L auf. Signifikant höher, aber immer noch weit unterdurchschnittlich war die AS-Konzentration 1997 mit 65 mg AS/L. Die Weine des Jahrgangs 1996 hatten mit großem Abstand die höchsten AS-Konzentrationen (durchschnittlich 505 mg AS-N/L). Mittlere Konzentrationen wurden 1995 (165 mg AS-N/L) und 1998 (200 mg AS-N/L) gefunden. Die Unterschiede zwischen den Jahresdurchschnittswerten betragen maximal das 20-fache. Selbst die mittleren Konzentrationen 1995 und 1998 waren noch 2,5 bzw. 3 mal höher als in 1997, dem Jahr mit den nächsttieferen Werten. Innerhalb der einzelnen Düngegruppen war der Jahrgangseinfluß in den Varianten mit 90 bzw. 150 kg N/ha etwas schwächer ausgeprägt. In den beiden hoch gedüngten Varianten waren die Konzentrationen 1996 nur noch ca. 16 mal so hoch wie in dem Jahr mit den niedrigsten Konzentrationen (1994).

Düngungseinfluß

Der Düngungseinfluß auf die AS-Konzentration im Wein war hochsignifikant. Sein Anteil an der Gesamtvariabilität betrug aber lediglich 3,6%. Im Mittel über alle Versuchsjahre fand man einen deutlichen Düngeeinfluß: Die AS-Konzentration stieg kontinuierlich mit jeder Düngevariante an. Die Nullvariante sowie die 30 kg N/ha-Variante unterschieden sich von allen anderen Varianten signifikant. Darüber hinaus ließen sich nur noch Unterschiede zwischen der 60-, und der 150 kg N/ha-Variante absichern. Gegenüber der nicht gedüngten Variante stiegen die AS-Konzentrationen im Wein bei einer Düngung mit 30 kg N/ha um 35%, bei 60 kg N/ha waren es 55%, und die hoch gedüngten Varianten wiesen eine Steigerung von 70 bzw. knapp 90% auf. Der Anstieg der AS-Konzentration von der 60 auf die 150 kg N/ha-Variante betrug immer noch 20%. Der Düngungseinfluß war innerhalb der Jahre verschieden stark ausgeprägt. 1995, 1996 und 1998 war er etwas schwächer als im Durchschnitt. Die AS-Konzentrationen der Weine von 1995 und 1996 stiegen durch die Düngung kontinuierlich um bis zu 75% (150 kg N/ha). 1998 fand sich die höchste Steigerungsrate bei einer Düngung von 60 kg N/ha (60%). Die 150 kg N/ha-Variante wies dagegen lediglich eine um 55% höhere AS-Konzentration auf im Vergleich zur Nullvariante. In 1996 und 1998 ließ sich mit dem Düngungseinfluß 80%, 1994 dagegen nur 53% der Variabilität der AS-Konzentration im Wein erklären. Dennoch wurden in den Jahren 1994, 1997 und 1999 wesentlich höhere Steigerungsraten der AS-Konzentration durch die N-Düngung gefunden. Die Weine der 150 kg N/ha-Variante hatten gegenüber der Nullvariante um 245% (1994), 362% (1997) bzw. 125% (1999) höhere Konzentrationen.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung betrug 3% und war hoch signifikant. Die Reststreuung lag bei 2,6%.

Tab. 64: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-AS-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	90,8	632,6***						
Düngung	3,6	31,4***	52,5*	53,4*	78,9***	46,3*	82,9***	43,7
Jahr x Düngung	3,0	5,3***						
Rest	2,6		47,5	46,6	21,1	53,7	17,1	56,3

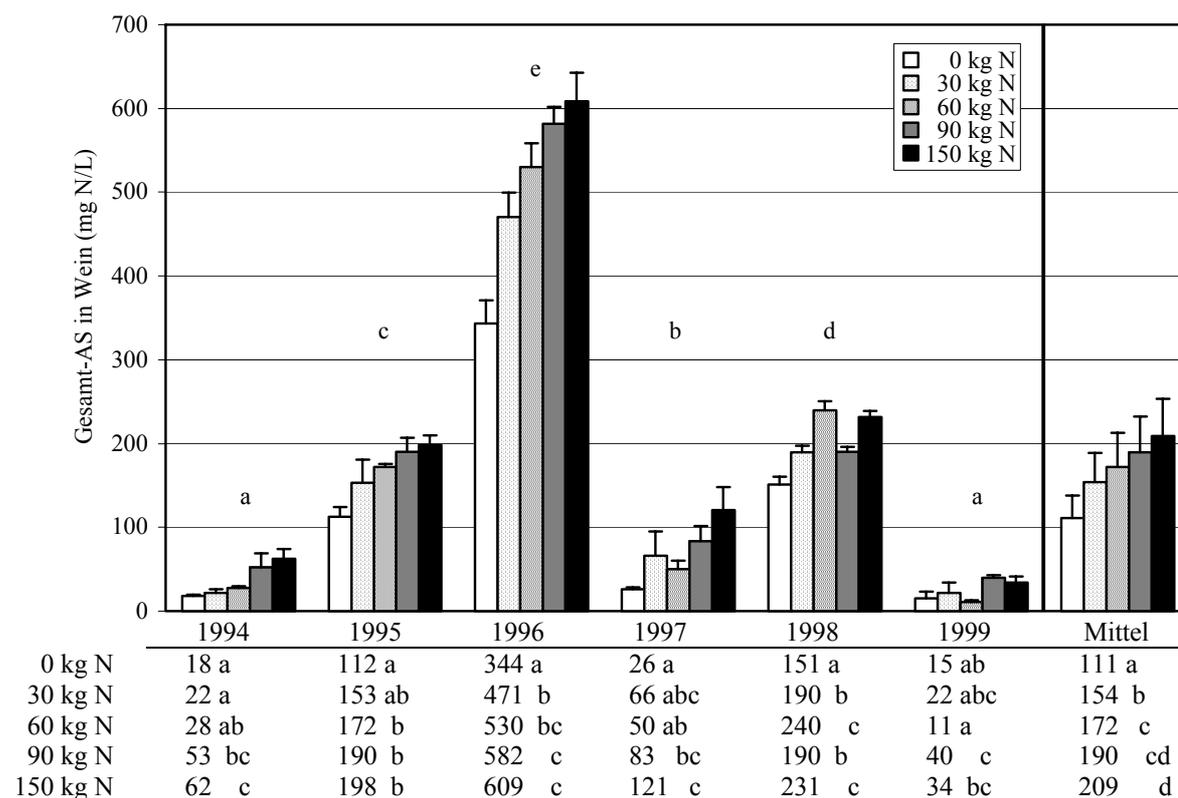


Abb. 43: Gesamt-AS-Konzentration (mg N/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.2.3 Arginin

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der Arginin-Konzentrationen im Wein wurde zu 86% vom Jahrgang beeinflusst. 1999 wiesen die Weine die niedrigsten Konzentrationen mit durchschnittlich unter 0,4 mg N/L auf. Ebenso sehr geringe Konzentrationen wurden 1994 (4 mg N/L) und 1997 (15 mg N/L) gefunden. Demgegenüber lagen die Jahresdurchschnittswerte 1995 und 1998 um 65 mg N/L. Die höchsten Arginin-Konzentrationen fanden sich in den Weinen des Jahrgangs 1996 (durchschnittlich 210 mg N/L). Bezogen auf die nahezu Arginin-freien Weine 1999 lagen die Konzentrationen im sehr gut versorgten Jahr 1996 über das 550-fache darüber. Der Jahrgangseinfluß in den einzelnen Dünge­stufen unterschied sich nicht.

Düngungseinfluß

Die Düngung hatte einen hochsignifikanten Anteil von 4,7% an der Gesamtvariabilität der Arginin-Konzentration im Wein. Im Mittel stieg die Arginin-Konzentration kontinuierlich mit jeder Düngevariante an. Gegenüber der Nullvariante stieg die Arginin-Konzentration bei einer Düngung von 30 kg N/ha um 60%. Die 60 kg N/ha-Düngung ließ die Konzentration um nahezu 100% steigen, und die Weine der 150 kg N/ha-Variante wiesen im Durchschnitt eine um 150% erhöhte Arginin-Konzentration auf. Bis auf die Arginin-Steigerung von der 60 zur 90 kg N/ha-Variante ließen sich alle Varianten signifikant unterscheiden. In den Jahren 1995, 1996 und 1998 fanden sich in etwa die eben beschriebenen Steigerungsraten der Arginin-Konzentrationen mit zunehmender N-Düngung. Während diese Zunahme 1995 und 1996 sehr kontinuierlich verlief, fand sich 1998 in der 60 kg N/ha-Variante die höchste Konzentration. 1994 und 1997 konnte man in der Tendenz ebenfalls erhöhte Arginin-Konzentrationen bei N-Düngung feststellen, aufgrund des niedrigen Niveaus in den schlecht versorgten Varianten fanden sich allerdings Steigerungen von über 4000%. 1999 lagen die Arginin-Konzentrationen sämtlich im Bereich der Nachweisgrenze. Ein Düngungseinfluß ließ sich in diesem Jahr nicht ausmachen.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung betrug 5,5% und war hoch signifikant. Die Reststreuung lag bei 4,1%.

Tab. 65: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Arg-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	85,6	373,6***						
Düngung	4,7	25,9***	27,5	54,4**	81,8***	45,6*	73,3***	6,4
Jahr x Düngung	5,5	6,0***						
Rest	4,1		72,5	45,6	18,2	54,4	26,7	93,6

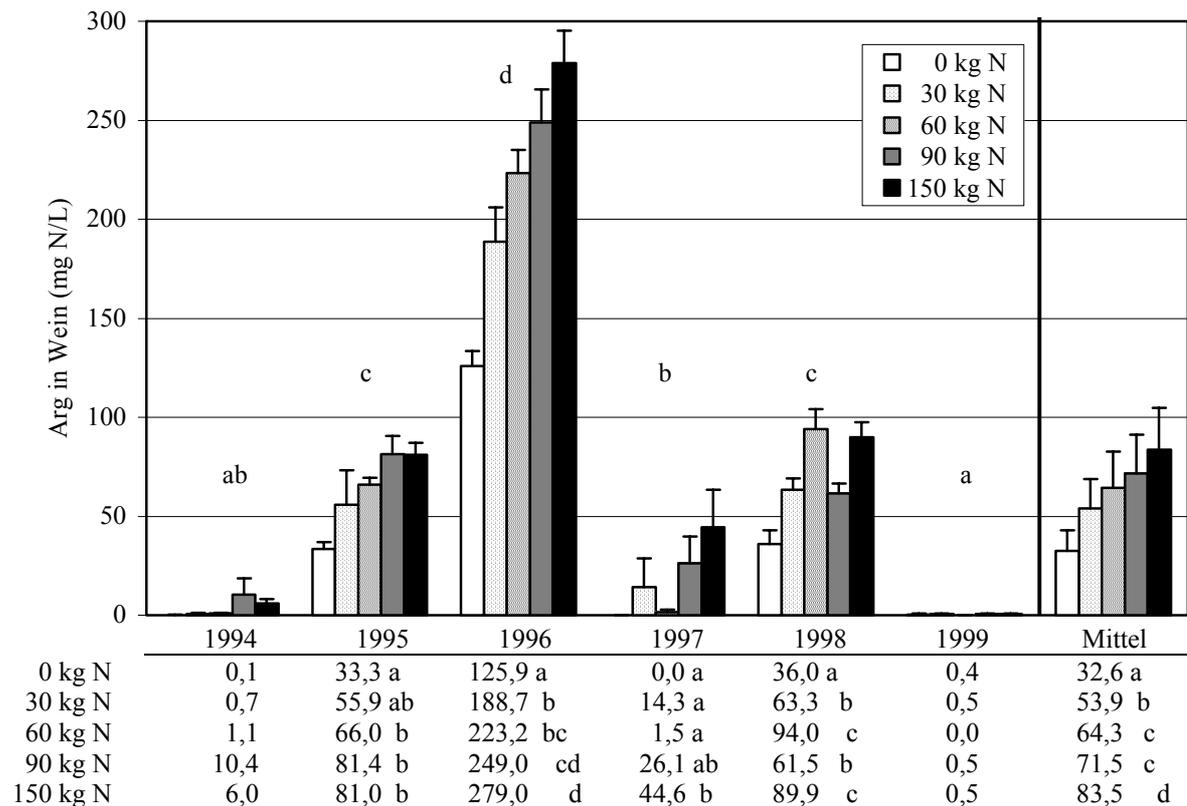


Abb. 44: Arg-Konzentration (mg N/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.2.4 Alanin

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß hatte einen Anteil von 88% an der Gesamtvariabilität der Alanin-Konzentrationen im Wein. Die zwei Jahrgänge mit den signifikant niedrigsten Werten waren 1994 und 1999 (mit 1,9 bzw. 1,0 mg N/L). ebenfalls unterdurchschnittlich war das Jahr 1997 (im Schnitt 4,2 mg N/L). Die in der Alanin-Konzentration nächsthöheren Jahre 1995 und 1998 stellten mit ca. 18 mg N/L eine homogene Gruppe dar und unterschieden sich signifikant von 1996, dem Jahr mit den höchsten Alanin-Konzentrationen im Wein (29,8 mg N/L). Damit betrug die Spanne zwischen dem niedrigsten Jahresdurchschnitt (1999) und dem höchsten (1996) ca. das 30-fache.

Düngungseinfluß

Die Düngung hatte einen hochsignifikanten Anteil von 4,9% an der Gesamtvariabilität der Alanin-Konzentration im Wein. Im Mittel stieg die Alanin-Konzentration mit jeder Düngestufe an. Gegenüber der Nullvariante führte schon eine Düngung von 30 kg N/ha zu einer Steigerung von Alanin um 50%. Die Weine der 60 kg N/ha-Düngung waren um 65% erhöht und die Weine der 150 kg N/ha-Variante um 95%. Die Alanin-Unterschiede im Mittel waren i.d.R. absicherbar, lediglich benachbarte Düngeufen stellten homogene Gruppen dar. In allen Jahren stieg Alanin im Schnitt mit der N-Düngung. In den Jahren 1994 und 1996 fanden sich kontinuierlich ansteigende Alanin-Konzentrationen im Wein mit zunehmender N-Düngung. 1995 und 1998 fanden sich ab der 60 kg N/ha-Variante keine Steigerung mehr mit zunehmender N-Düngung. 1997 und 1999 konnte, trotz im Schnitt steigender Alanin-Konzentrationen, der Einfluß der N-Düngung mit 35-45% nicht abgesichert werden.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung betrug 2,5% und war hoch signifikant. Die Reststreuung lag bei 4,3%.

Tab. 66: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Ala-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	88,3	372,7***						
Düngung	4,9	25,7***	53,6*	44,1*	82,2***	35,1	73,2***	44,6
Jahr x Düngung	2,5	2,7***						
Rest	4,3		46,4	55,9	17,8	64,9	26,8	55,4

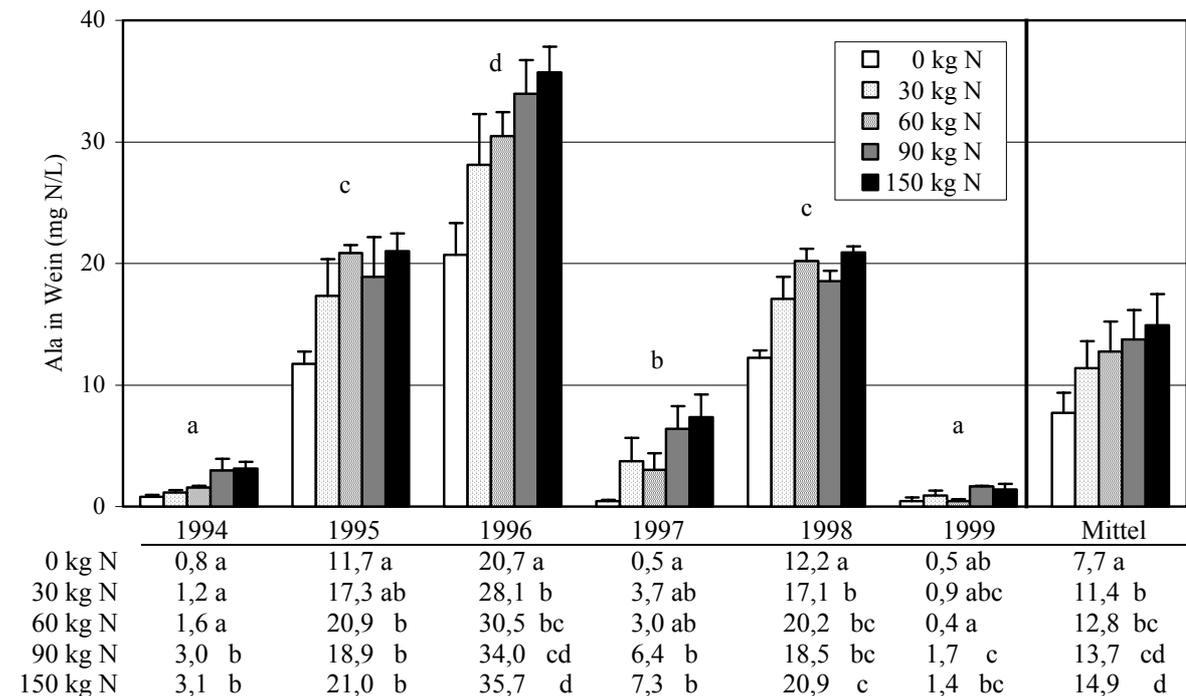


Abb. 45: Ala-Konzentration (mg N/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.2.5 Prolin

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität ließ sich zu 85% durch den Jahrgangseinfluß erklären. 1994 und 1999 fanden sich die niedrigsten Konzentrationen (durchschnittlich 15,3 und 16,5 mg N/L). Signifikant höhere Werte wiesen die Weine von 1995 (24,9 mg N/L) und 1997 (26,9 mg N/L) auf. Die höchsten Prolin-Konzentrationen wurden in den Jahren 1998 (53,7 mg N/L) und 1996 (58,8 mg N/L) gefunden. Die Prolin-Konzentration war damit 1996 fast viermal so hoch wie im Jahr 1994. Der Jahrgangseinfluß verschob sich innerhalb der verschiedenen Dünge­stufen nur wenig. In den hochgedüngten Varianten waren die Prolin-Konzentrationen 1999 deutlich höher als 1994, während in den anderen Varianten (0-60 kg N/ha) im Jahr 1999 die niedrigsten Konzentrationen gefunden wurden.

Düngungseinfluß

Eine allgemeine Abhängigkeit von der N-Düngung war nicht gegeben. Der Anteil an der Variabilität betrug 1%. Im Mittel der sechs Versuchsjahre nahm die Prolin-Konzentration der Weine mit der Düngung leicht zu. Die Varianten mit 90 und 150 kg N/ha lagen signifikant um 15% über der Nullvariante. Innerhalb der einzelnen Jahrgänge fand man 1997-1999 signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten. 1997 betrug der Anteil der Düngung an der Variabilität 25%. Die Konzentrationen stiegen mit der Düngung, so daß sich die 150 kg N/ha-Variante mit einer um 45% höheren Konzentration signifikant von der ungedüngten Variante unterschied. 1998 fand sich bei einer höheren Anteilsziffer der Düngung von 40% kein einheitlicher Düngungseinfluß. Die Variante mit 60 kg N/ha wies in diesem Jahr eine signifikant höhere Prolin-Konzentration (+17%) als die 30 und 90 kg N/ha-Varianten auf. Die höchste Anteilsziffer fand sich 1999. In diesem Jahr ließ sich 44% der Streuung durch die Düngung erklären. Die Prolin-Konzentration stieg mit der Düngung stark an. Die höchste Konzentration fand sich in der 90 kg N/ha-Variante, die signifikant über der Nullvariante (+210%) und der 60 kg N/ha-Variante (+280%) lag. In den übrigen Jahren (1994-1996) ließ sich kein Düngungseinfluß ausmachen. Die Düngung hatte in diesen Jahren lediglich einen Anteil von 5-15% an der Variabilität der Prolin-Konzentration.

Die Wechselwirkung zwischen Düngung und Jahrgang hatte einen Anteil von 3% an der Gesamtvariabilität. Die Reststreuung betrug 10%.

Tab. 67: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Pro-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	85,3	147,8***						
Düngung	1,0	2,1	13,7	7,8	4,5	25,3	39,2	43,8
Jahr x Düngung	3,3	1,4						
Rest	10,4		86,3	92,2	95,5	74,7	60,8	56,2

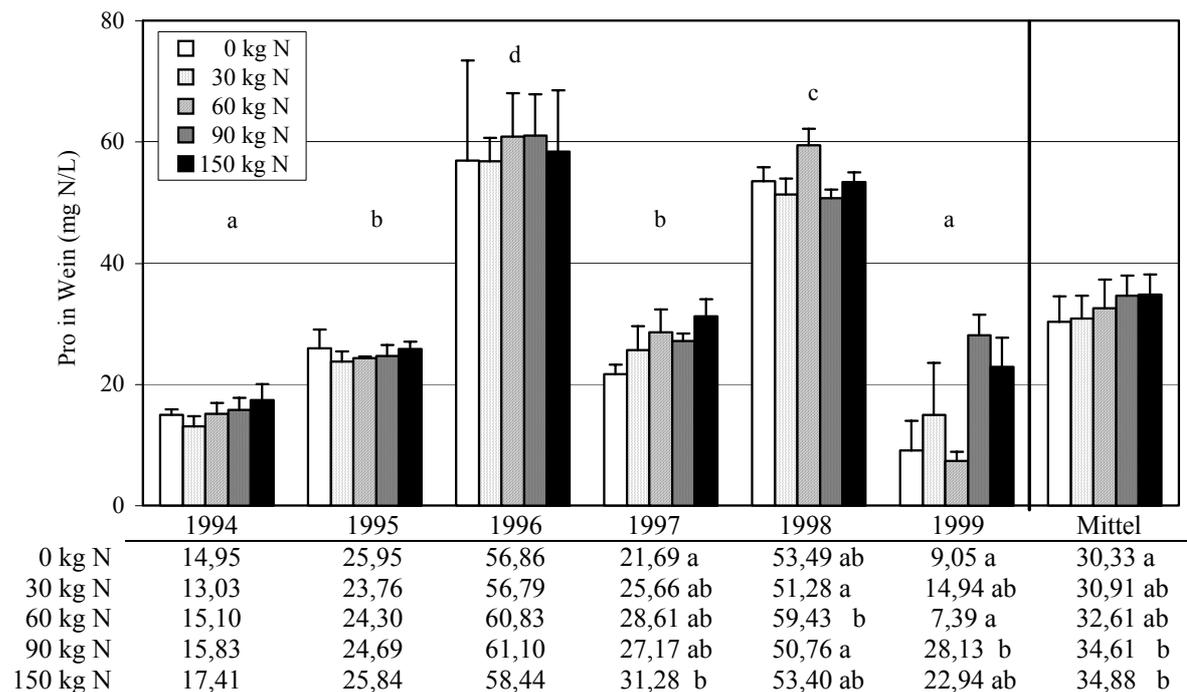


Abb. 46: Pro-Konzentration (mg N/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.2.6 Tryptophan

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß erklärte 91% der Gesamtvariabilität. Die niedrigsten Tryptophan-Konzentrationen fanden sich 1994 (durchschnittlich 0,13 mg N/L) und 1999 (0,11 mg N/L). Danach folgen die Jahre 1995 und 1997 mit 0,35 mg N/L sowie 1998 mit 0,68 mg N/L. Mit großem Abstand die höchsten Werte wurden 1996 (2,03 mg N/L) erreicht, damit lagen die Konzentrationen 3 mal so hoch wie die zweithöchsten Jahreswerte in 1998. Die Spanne zwischen den niedrigsten und den höchsten Jahren betrug das 18-fache. Der Jahrgangseinfluß innerhalb der Düngevarianten verhielt sich davon nicht unterschiedlich.

Düngungseinfluß

Mit einem Anteil von lediglich 0,7% an der Gesamtvariabilität übte die Düngung keinen nennenswerten allgemeinen Einfluß auf die Tryptophan-Konzentration im Wein aus. Die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug 10%. Im Mittel über alle Jahre stiegen die Tryptophan-Konzentrationen dennoch leicht und kontinuierlich mit zunehmender N-Düngung. Die Weine der 30 kg N/ha-Variante hatten eine um 10% höhere Konzentration gegenüber der Nullvariante, die 150 kg N/ha-Variante lag 27% über der Nullvariante. In den Jahren 1995, 1996 und 1998 war der Düngungseinfluß am geringsten. Die Anteilsziffer der Düngung betrug in diesen Jahren nur 7-16%. Diese Jahrgänge zeichneten sich durch höhere Tryptophan-Konzentrationen aus. Demgegenüber war der Düngungseinfluß in den Jahren mit den geringsten Konzentrationen signifikant. 1994 konnte die N-Düngung die Tryptophan-Konzentration zu 52%, 1999 zu 59% erklären. In beiden Jahren stiegen die Werte mit zunehmender N-Düngung. 1997 betrug der Anteil der Düngung an der Variabilität 22%, ein Düngungseinfluß war hier nicht erkennbar, auch wenn die gedüngten Varianten die 2-3,5-fache Tryptophan-Konzentration der Nullvariante aufwiesen.

Die Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung hatte auf die Tryptophan-Konzentration keinen Einfluß. Die Reststreuung betrug 7%.

Tab. 68: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Trp-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	91,2	220,2***						
Düngung	0,7	2,0	52,3*	14,7	7,2	21,6	15,6	59,0**
Jahr x Düngung	0,7	0,4						
Rest	7,4		72,5	45,6	18,2	54,4	26,7	93,6

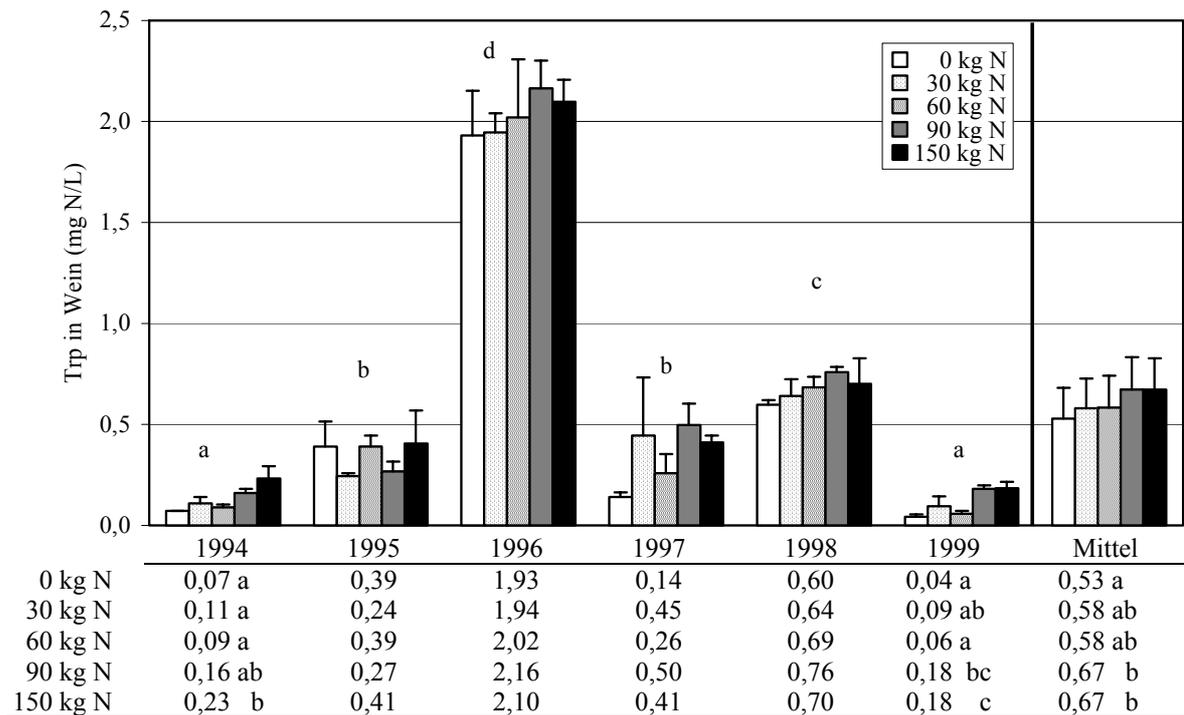


Abb. 47: Trp-Konzentration (mg N/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.2.7 Weitere Aminosäuren

Bedingt durch die Veränderung in der Gärung wurden viele AS in den Weinen der schlecht versorgten Jahre (1994, 1997, 1999) nur noch in sehr geringen Konzentrationen gefunden. In diese Gruppe fallen neben Arginin auch **Glutamin**, **Asparaginsäure**, **Citrullin**, **Serin**, **Glutaminsäure**, **Valin**, **Alanin**, **c-Aminobuttersäure** und **Leucin**. In den gut versorgten Jahren waren diese AS noch in deutlichen Mengen vorhanden. Die relativen Unterschiede zwischen den Jahrgängen waren damit im Wein viel ausgeprägter als im Most. Eine andere Gruppe von AS wies im Wein geringere oder gleich große Jahrgangsunterschiede im Vergleich zum Most auf. Am deutlichsten war dies bei den Aminosäuren **Ornithin**, **Lysin** und **Glycin**. Außerdem gehörte hierzu auch Asparagin, **Tyrosin**, **Tryptophan**, **Threonin** und **Prolin**. Insgesamt führte dies zu höheren Anteilsziffern des Jahrgangseinflusses.

Gegenüber den AS im Most fällt eine weitere Besonderheit auf: Bei der Gruppe der im Most indifferenten AS wies die N-Düngung einen wesentlich deutlicheren Einfluß auf. Zum einen waren die Anteile der Düngung an der Gesamtvariabilität höher, insbesondere waren jedoch nun alle Düngungseinflüsse in dieser Gruppe hochsignifikant. In der Gruppe der AS im Most, die durch die N-Düngung deutlich beeinflusst waren, fanden sich nun in der Regel etwas niedrigere Anteilsziffern. Ausnahme davon ist Lysin: Hier fand sich der höchste Düngungseinfluß im Wein überhaupt mit einer Anteilsziffer von 16%.

Tab. 69: Anteil (%) und Konzentrationen (mg N/L) der einzelnen Aminosäuren im Wein, sowie die varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AS-Konzentrationen. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Mittelwert der Anteilsziffern für die Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	% Anteil an Gesamt-AS	Konzentration (mg N/L)		Anteilsziffer zweifaktoriell			Anteilsziffer (Düngung einfaktoriell im Mittel)	
		Mittel	Min - Max	Jahrgang (J)	Düngung (D)	J x D		Rest
starker Düngungseinfluß								
Arg	36,9	60,3	0 - 300,1	85,6***	4,7***	5,5***	4,1	48,2*
Gln	7,1	11,7	0 - 101,1	87,9***	1,5***	5,7***	5,0	43,3*
Ala	7,4	12,1	0 - 37,4	88,3***	4,9***	2,5***	4,3	55,5*
c-ABA	4,8	7,9	0 - 23,7	86,6***	5,4***	2,1	5,9	57,2*
Thr	3,0	4,9	0 - 14,1	61,5***	6,0***	10,1***	22,4	55,4**
Cit	0,7	1,2	0 - 12,0	75,9***	2,0*	6,2*	15,9	25,9
Lys	1,7	2,8	0,08 - 6,8	59,0***	16,3***	6,5	18,1	46,5*
Orn	0,8	1,2	0,05 - 3,9	78,0***	3,4***	7,4***	11,2	38,9*
keinen Einfluß der N-Düngung								
Pro	20,0	32,7	2 - 81,7	85,3***	1,0	3,3	10,4	22,4
Leu/Phe	5,6	9,1	0 - 35,7	94,3***	0,3	1,0	4,3	37,0*
Val	2,5	4,1	0 - 19,2	97,0***	0,2	0,8	2,1	26,0
Ile	1,2	2,0	0 - 14,1					37,6*
Trp	0,4	0,6	0,02 - 2,9	91,2***	0,7	0,7	7,4	28,4
indifferenter Düngungseinfluß								
Glu	2,7	4,4	0 - 22,2	83,7***	4,9***	5,0***	6,4	50,4*
Ser	1,3	2,1	0 - 11,2	85,8***	2,6***	3,5*	8,1	45,3*
Gly	0,7	1,2	0 - 2,9	74,6***	8,2***	2,6	14,6	39,9*
Asp	0,6	1,0	0 - 8,2	73,2***	3,7***	7,9**	15,2	48,9*
Tyr	0,6	1,0	0 - 3,2	94,0***	1,4***	1,5**	3,1	36,7*
Asn	2,0	3,3	0 - 12,9	66,7***	10,9***	4,7	17,8	47,4**

4.6.3 Tryptophan-Derivate

4.6.3.1 N-Formyl-Kynurenin (NFK)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß hatte einen Anteil von 54% an der Gesamtvariabilität der NFK-Konzentrationen im Wein. Die niedrigsten NFK-Konzentrationen fanden sich in den Jahren 1994 und 1997 mit ca. 0,5 mg/L, sowie 1999 mit durchschnittlich 2,5 mg/L. Die höchsten Werte wurden 1996 (9,5 mg/L) erreicht. Die Konzentrationen in 1995 und 1998 lagen mit 4,6 mg/L und 5,8 mg/L dazwischen. Damit wurde 1996 nahezu die 20-fache Menge an NFK im Wein im Vergleich zu 1994 gefunden. Innerhalb der Nullvariante war der Jahrgangseinfluß niedriger, der höchste Wert lag 11 mal über dem niedrigsten Wert. In den gedüngten Varianten war der Jahrgangseffekt dagegen höher; der Unterschied in der 150 kg N/ha-Variante betrug das 56-fache.

Düngungseinfluß

Der allgemeine Einfluß der N-Düngung auf die NFK-Konzentration betrug 5,4%. Im Mittel über alle Jahre stiegen die NFK-Konzentrationen kontinuierlich mit zunehmender N-Düngung. Die Weine der 30 kg N/ha-Variante hatten eine um 20% höhere NFK-Konzentration gegenüber der Nullvariante; in der 60 kg N/ha-Variante betrug diese Steigerung knapp 40%, und die 150 kg N/ha-Variante lag sogar 110% über der Nullvariante. In den Jahren mit den niedrigsten NFK-Konzentrationen (1994, 1997) fand sich kein Düngungseinfluß. Im Jahr 1999, ebenfalls ein Jahr mit niedriger Konzentration, waren die NFK-Werte in den hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) gegenüber der Nullvariante und der 60 kg N/ha-Variante signifikant um 60% höher. Ebenfalls signifikant war die Steigerung im Jahr 1996. Die Varianten mit 0 und 30 kg N/ha wiesen nur die Hälfte der NFK-Konzentration der 150 kg N/ha-Variante auf. In den beiden übrigen Jahren (1995 und 1998) war der Düngungseffekt nicht absicherbar. In der Tendenz war der Einfluß der N-Düngung aber ebenfalls erkennbar: Die Nullvariante verzeichnete die niedrigsten NFK-Konzentrationen, die Werte in den gedüngten Varianten lagen darüber, und in der hochgedüngten Variante fand sich die höchste Konzentration.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die NFK-Konzentration betrug 8%, war aber nicht signifikant. Die Reststreuung betrug 33%.

Tab. 70: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der NFK-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	53,7	29,5***						
Düngung	5,4	3,7**	26,0	9,2	37,3	4,6	25,4	43,6
Jahr x Düngung	8,1	1,1						
Rest	32,8		74,0	90,8	62,7	95,4	74,6	56,4

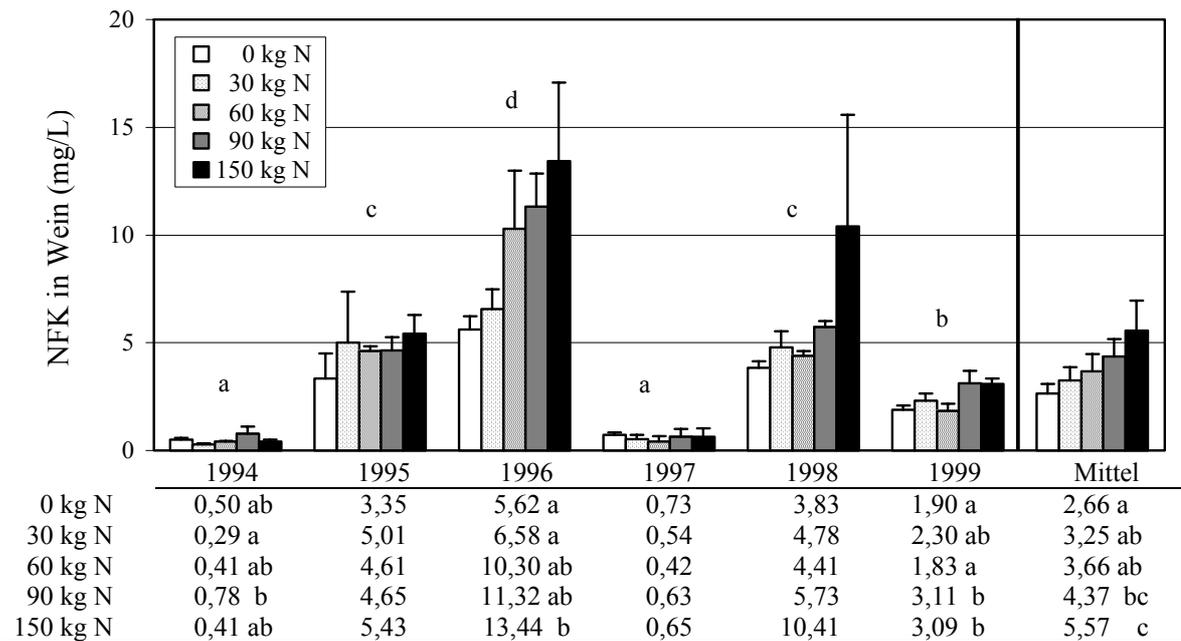


Abb. 48: NFK-Konzentration (mg/L) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.3.2 Methyltetrahydro- β -carbolin-carbonsäure (MTHCC)

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der MTHCC-Konzentrationen im Wein wurde zu 93% vom Jahrgang beeinflusst. Die signifikant niedrigsten MTHCC-Konzentrationen fanden sich in den Jahren 1994 und 1999 mit 300 bzw. 350 $\mu\text{g/L}$. Ebenfalls unterdurchschnittliche Konzentrationen wurden 1997 gefunden (1350 $\mu\text{g/L}$). Die höchsten Durchschnittswerte wurden 1996 (5500 $\mu\text{g/L}$) erreicht. Die Konzentrationen in 1995 und 1998 lagen bei durchschnittlich 2700 $\mu\text{g/L}$ und 3550 $\mu\text{g/L}$. Die Konzentrationen an MTHCC in Wein betragen 1996 nahezu das 20-fache im Vergleich zu 1994. Diese Spanne war in der Nullvariante besonders hoch; 1996 fand sich das 36-fache der Konzentration von 1994. Mit zunehmender N-Düngung nahm der Jahrgangseffekt ab. In der 150 kg N/ha-Variante wurden 1996 13 mal so viel MTHCC gefunden wie 1994.

Düngungseinfluß

Es konnte kein allgemeiner Einfluß der N-Düngung auf die MTHCC-Konzentration im Wein festgestellt werden. Lediglich in den Jahren mit den niedrigsten Werten (1994, 1999) wurden signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten festgestellt. Die N-Düngung hatte in diesen Jahren einen Anteil von 41 bzw. 45% an der Variabilität der MTHCC-Konzentration. Dabei stieg die Konzentration mit der N-Düngung an. In der Nullvariante fand sich der niedrigste Wert, und die Konzentrationen in den hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) waren demgegenüber um 180% (1994) bzw. 70% (1999) höher. 1997 fand sich die niedrigste MTHCC-Konzentration in der ungedüngten Variante, die gedüngten Varianten unterschieden sich nicht mehr weiter. 1995 befand sich die niedrigste MTHCC-Konzentration dagegen in der 150 kg N/ha-Variante, in den anderen Varianten waren die Werte um 25-50% höher, ohne sich aber statistisch absichern zu lassen. In den übrigen beiden Jahren (1996, 1998) konnte kein Düngungseinfluß festgestellt werden.

Es konnte kein signifikanter Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die MTHCC-Konzentration festgestellt werden. Die Reststreuung betrug 6%.

Tab. 71: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der MTHCC-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	93,1	265,1***						
Düngung	0,2	8,9	40,6	10,4	27,3	26,8	5,4	44,4
Jahr x Düngung	0,7	0,5						
Rest	5,9		59,4	89,6	72,7	73,2	94,6	55,6

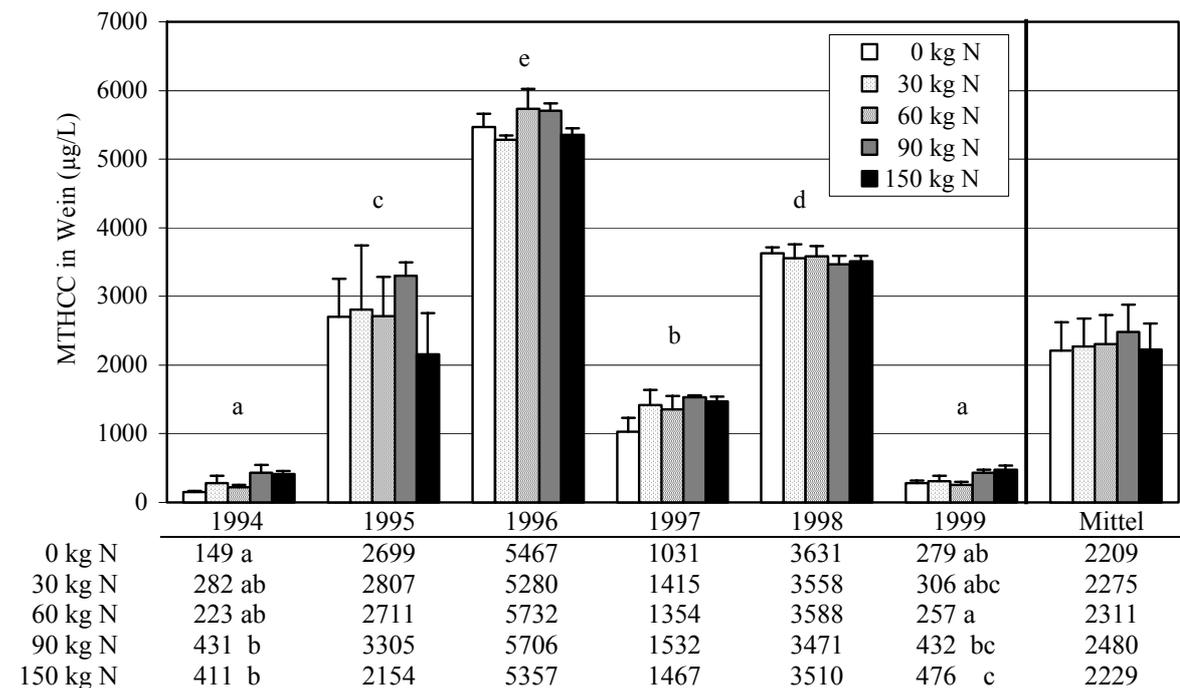


Abb. 49: MTHCC-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.3.3 Tryptophol (TOH)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den TOH-Konzentrationen im Wein betrug 55%. Die signifikant höchsten Konzentrationen fanden sich 1994 und 1997 mit durchschnittlich 360 und 410 µg/L. Leicht überdurchschnittliche Werte wurden ebenfalls 1999 (250 µg/L) gefunden. Davon nicht signifikant unterschiedlich war der Jahrgang 1998 mit 210 µg/L. Die niedrigsten Konzentrationen wurden 1995 (60 µg/L) und 1996 (180 µg/L) gemessen. Die Unterschiede zwischen den Jahrgängen betrugen maximal das 7-fache. Innerhalb der Düngungsvarianten war der Jahrgangseinfluß etwas verschoben. In den Varianten mit 0 und 30 kg N/ha betrugen die Unterschiede ca. das 9-fache, in den hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) fanden sich dagegen in den Jahren 1994, 1997 und 1999 keine Unterschiede mehr, während in der 60 kg N/ha-Variante das Jahr 1999 nach unten ausriß und niedrigere TOH-Konzentrationen als die Jahre 1998 und 1996 aufwies.

Düngungseinfluß

Im Mittel über alle Jahre übte die N-Düngung mit einer Anteilsziffer von 2% nur einen geringen, nicht signifikanten Einfluß auf die TOH-Konzentration im Wein aus. Dabei sanken die Konzentrationen durch eine N-Düngung um ca. 15% ab; aufgrund des Ausreißers 1999 in der 60 kg N/ha-Variante lag aber allein diese Variante im Mittel signifikant unterhalb der Nullvariante. Den stärksten Einfluß übte die Düngung in den Jahren 1994 und 1997 mit Anteilziffern von 60 bzw. 50% aus. Die TOH-Konzentration in der Nullvariante war in diesen Jahren signifikant höher. Bei einer N-Düngung lagen die Werte um 30% niedriger. Während sich 1994 die gedüngten Varianten nicht weiter unterschieden, fanden sich 1997 in den hoch gedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) nochmals niedrigere Werte. Diese Varianten wiesen gegenüber den anderen gedüngten Varianten (30 und 60 kg N/ha) um 20%, gegenüber der ungedüngten Variante sogar um 50-60% niedrigere TOH-Konzentrationen auf. Neben 1994 und 1997 waren nur noch 1999 signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten zu finden. Die höchsten Werte fanden sich 1999 aber in den beiden hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha). Signifikant war aber lediglich der Unterschied zu der 60 kg N/ha-Variante. Der Wein aus dieser Variante wies die absolut niedrigste TOH-Konzentration auf, sie war weniger als halb so hoch wie in der Nullvariante, in der sich der nächsthöhere Wert fand. In den restlichen Jahren fanden sich keine signifikanten Unterschiede. In der Tendenz stiegen die TOH-Konzentrationen im Wein 1996 mit der N-Düngung, während sie 1998 sanken. 1995 übte die N-Düngung keinen Einfluß aus.

Man konnte folglich deutliche Jahrgangsunterschiede beim Düngungseinfluß feststellen. Dementsprechend fand sich ein hoher Anteil (14%) der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die Gesamtvariabilität der TOH-Konzentration. Die Reststreuung betrug 28%.

Tab. 72: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der TOH-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	55,4	35,3***						
Düngung	1,9	1,5	56,9**	8,4	17,9	51,0*	10,8	30,6
Jahr x Düngung	14,4	2,3**						
Rest	28,3		43,1	91,6	82,1	49,0	89,2	69,4

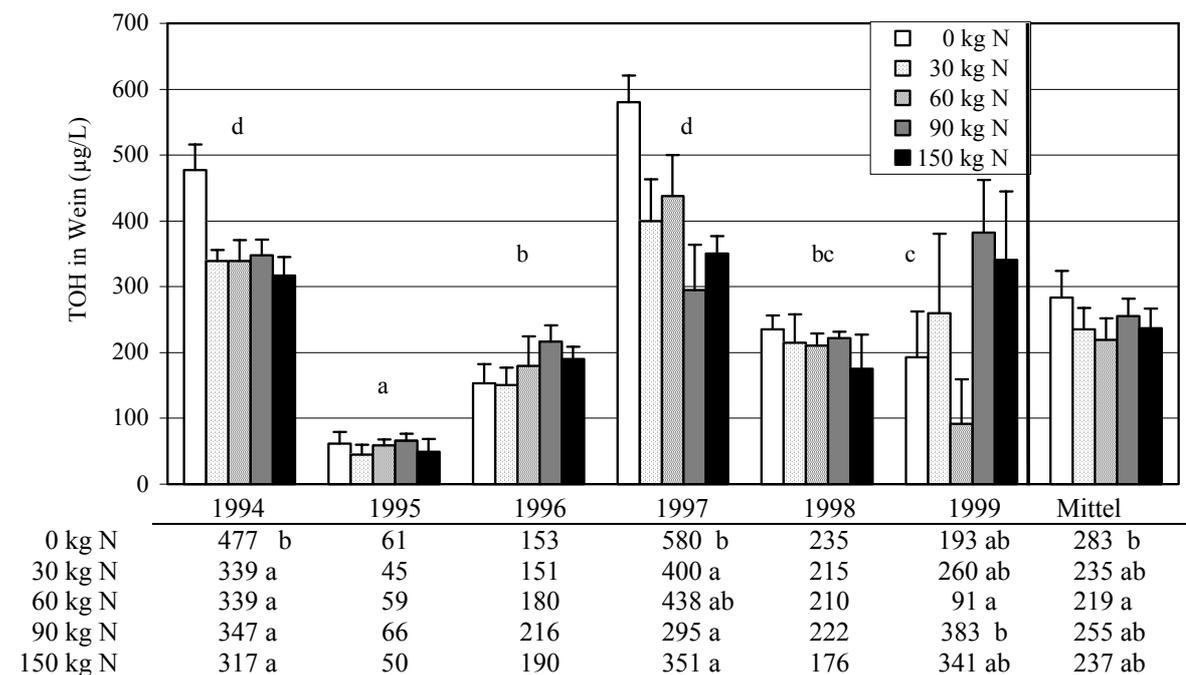


Abb. 50: TOH-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.3.4 Anthranilsäure (AA)

Jahrgangseinfluß

In drei Jahrgängen (1997, 1998, 1999) konnte keine AA im Wein gefunden werden. Damit ist die Aussagekraft eingeschränkt. Der Jahrgangseinfluß auf die Gesamtvariabilität in den AA-Konzentrationen im Wein betrug 38%. 1996 fanden sich die höchsten Konzentrationen (durchschnittlich 5,1 µg/L). 1994 und 1995 lagen die Werte dagegen signifikant niedriger: In den beiden Jahren fanden sich 2,8 (1994) und 1,7 µg/L (1995) AA im Wein.

Düngungseinfluß

Es konnte kein signifikanter, allgemeiner Einfluß der N-Düngung auf die AA-Konzentration im Wein festgestellt werden. Innerhalb der einzelnen Jahre fand sich dagegen ein Düngungseinfluß. Dieser war aber nicht in allen Jahren gleich. 1994 nahm die AA-Konzentration mit höherer N-Düngung ab. Die 150 kg N/ha-Variante lag signifikant unter den 0-60 kg N/ha-Varianten, mit um 60-70% niedrigeren Konzentrationen. Die 90 kg N/ha-Variante unterschied sich noch von den beiden Varianten mit 30 und 60 kg N/ha, in denen die höchsten AA-Konzentrationen gemessen wurden. 1995 war die AA-Konzentration im Wein der 150 kg N/ha-Variante signifikant am höchsten. In den 30 und 90 kg N/ha-Varianten konnte dagegen kein AA detektiert werden. Auch 1996 fand sich eine deutliche Steigerung der Werte mit zunehmender Düngung. Von der Nullvariante zur 150 kg N/ha-Variante stiegen die AA-Konzentrationen über das 7-fache an. Dennoch ließen sich diese Unterschiede nicht absichern.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die AA-Konzentration lag signifikant bei 17%. Die Reststreuung war mit 44% Anteil an der Gesamtvariabilität enorm hoch.

Tab. 73: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AA-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	37,8	15,5***						
Düngung	1,4	0,7	60,4	64,3*	20,7	-	-	-
Jahr x Düngung	16,7	1,7*						
Rest	44,1		39,6	35,7	79,3	-	-	-

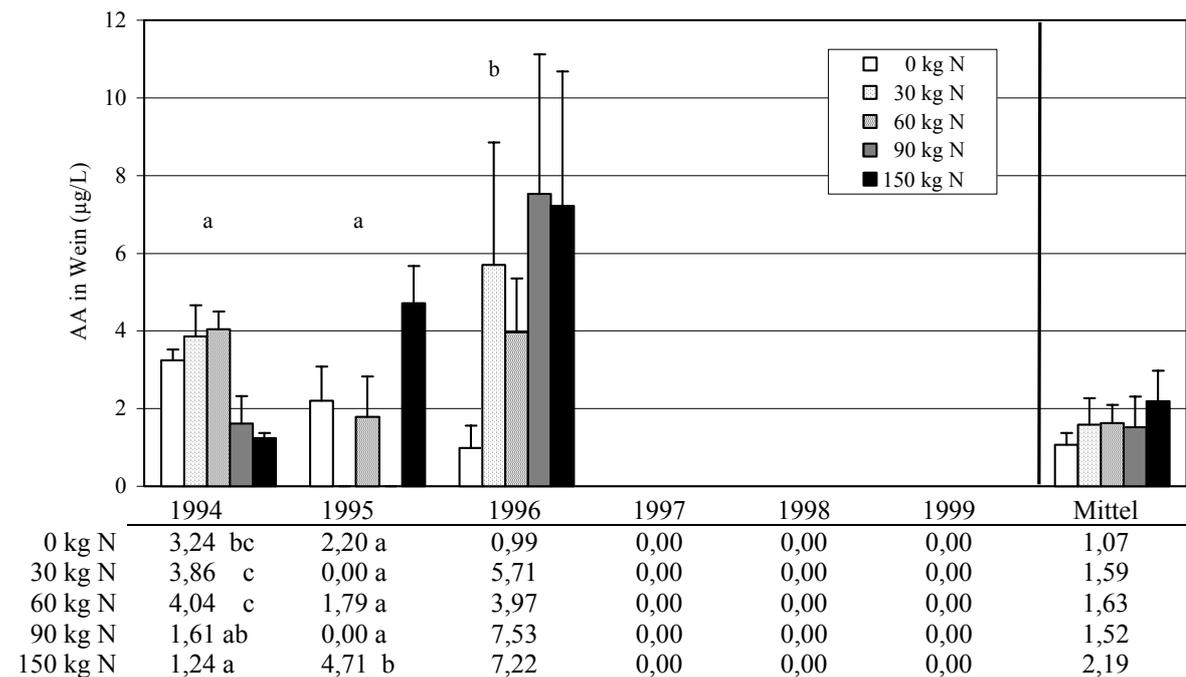


Abb. 51: AA-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.3.5 Indolmilchsäure (IMS)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgangseinfluß hatte einen Anteil von 47% an der Gesamtvariabilität der IMS-Konzentrationen im Wein. Die niedrigsten Jahresdurchschnittswerte fanden sich in den Jahren 1994 (160 µg/L), 1995 (250 µg/L) und 1996 (220 µg/L). In den anderen Jahren lagen die Konzentrationen signifikant darüber. 1997 und 1999 hatten die Weine durchschnittlich 500 µg/L IMS. Der absicherbar höchste Jahresdurchschnitt wurde 1998 (660 µg/L) gemessen. Dies entsprach dem 4-fachen des Durchschnittswertes in 1994. Der Jahreseinfluß nahm mit steigender N-Düngung zu. Innerhalb der Nullvariante unterschied sich der niedrigste Wert von dem höchsten Wert um das 3,5-fache, in der 150 kg N/ha-Variante betrug diese Spanne knapp das 5-fache. In der 60 kg N/ha-Variante fand sich ein etwas veränderter Jahrgangseinfluß: 1999 wurde hier eine niedrigere IMS-Konzentration gefunden als 1995.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung übte einen signifikanten Einfluß von 6% auf die Gesamtvariabilität der IMS-Konzentration im Wein aus. Im Mittel über alle Jahre stieg die Konzentration gegenüber der ungedüngten Variante bei einer Düngung mit 30 kg N/ha um über 20% an. Sehr hohe N-Gaben (90 bzw. 150 kg N/ha) führten signifikant zu über 50% höheren IMS-Konzentrationen im Wein. Der größte Düngungseinfluß konnte 1999 mit einer Anteilsziffer von 38% festgestellt werden. Nur in diesem Jahr fanden sich signifikante Unterschiede, allerdings lediglich zwischen der 30 und der 90 kg N/ha-Variante. In den anderen Jahren betrug der Düngungseinfluß 8-23%. 1997 und 1998 stiegen die IMS-Konzentrationen mit der N-Düngung deutlich an. Gegenüber der Nullvariante hatten die Weine der 30 kg N/ha-Variante um 40%, die Weine der 150 kg N/ha-Variante um 70% höhere IMS-Konzentrationen. 1994 ließen sich keine Düngungseffekte feststellen, 1995 und 1996 waren die IMS-Konzentrationen der 150 kg N/ha-Variante erhöht, einen weiteren Düngungseinfluß gab es aber nicht.

Der Einfluß der Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung auf die IMS-Konzentration war nicht signifikant. Die Reststreuung betrug 41%.

Tab. 74: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der IMS-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	47,1	20,9***						
Düngung	5,9	3,3*	7,6	11,4	12,6	23,3	18,2	38,3
Jahr x Düngung	6,4	0,7						
Rest	40,6		92,4	88,6	87,4	76,7	81,8	61,7

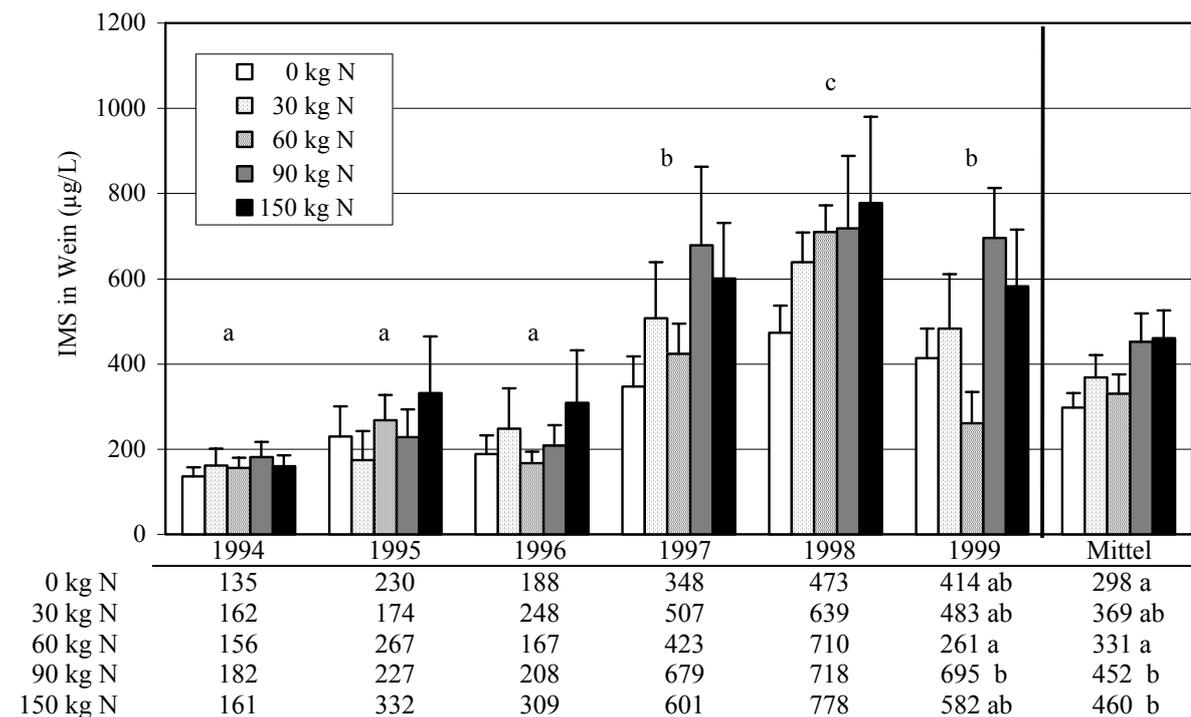


Abb. 52: IMS-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.3.6 Freie Indolessigsäure (IES)

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentrationen im Wein wurde zu 60% vom Jahrgang bestimmt. Die signifikant niedrigsten Werte fanden sich 1996 mit durchschnittlich 6 µg/L. Der höchste Jahresdurchschnitt wurde 1998 (43 µg/L) erreicht. In den anderen Jahren lag die Konzentration an freier IES zwischen 16 µg/L (1994) und 23 µg/L (1997). 1998 wurde damit 7,5-mal so viel IES im Wein gefunden im Vergleich zu 1996. Der Jahrgangseffekt war in nahezu allen Düngungsvarianten gleich. Eine Ausnahme stellte die 60 kg N/ha-Variante dar, die IES-Konzentration lag hier 1999 auf demselben niedrigen Niveau wie 1996.

Düngungseinfluß

Im Mittel über alle Jahre übte die N-Düngung kaum einen Einfluß auf die IES-Konzentration im Most aus. Der Wein aus der Nullvariante hatte im Durchschnitt etwas höhere Konzentrationen an freier IES. Die gedüngten Varianten wiesen (uneinheitlich) 5-20% niedrigere Werte im Vergleich zur ungedüngten Variante auf. Signifikante Unterschiede fanden sich nur in den Jahren 1995 und 1997. Die beiden hochgedüngten Varianten (90 und 150 kg N/ha) wiesen 1997 geringere IES-Konzentrationen auf. Sie lagen um 20-30% unter der ungedüngten Variante. Die anderen gedüngten Varianten hatten um 14% (30 kg N/ha) bzw. 7% (60 kg N/ha) niedrigere Konzentrationen. Lediglich die Unterschiede zwischen der 0 und der 90 kg N/ha-Variante waren 1997 absicherbar. 1995 fand sich in der 150 kg N/ha-Variante weniger als die Hälfte der IES-Konzentration der anderen Varianten, was bis auf den etwas geringeren Unterschied zur 60 kg N/ha-Variante signifikant war. Die Weine der 150 kg N/ha-Variante wiesen auch 1996 und 1998 weniger freie IES auf. Die IES-Konzentrationen waren gegenüber den anderen Varianten um 20% (1998) bzw. 40% (1996) niedriger, ohne daß sich dies aber absichern ließ. Im Jahrgang 1999 fällt auf, daß die IES-Konzentration im Wein der 60 kg N/ha-Variante stark nach unten ausriß. Dies war auch 1994, in geringerem Maße, zu beobachten.

Die Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung hatte einen Anteil von 7% auf die Gesamtvariabilität der Konzentration der freien IES im Wein. Die Reststreuung betrug 32%.

Tab. 75: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der freien IES-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	59,5	34,0***						
Düngung	1,8	1,3	22,2	41,0	7,7	27,2	8,1	30,0
Jahr x Düngung	7,1	1,0						
Rest	31,6		77,8	59,0	92,3	72,8	91,9	70,0

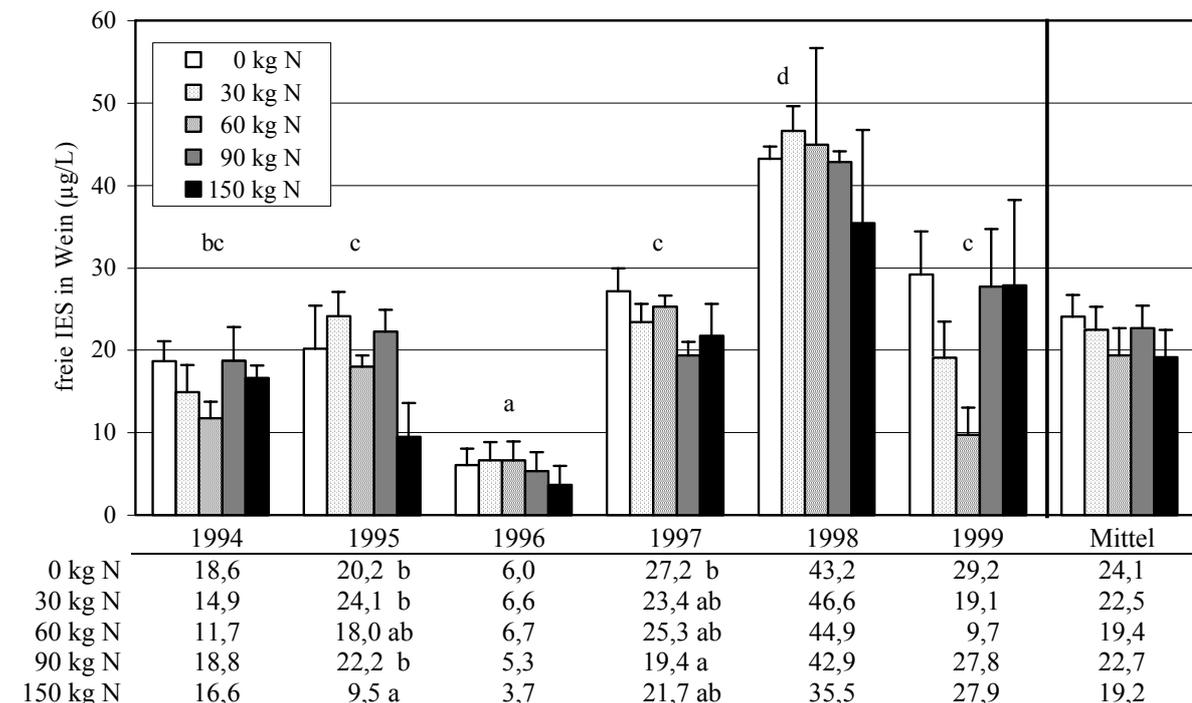


Abb. 53: Freie IES-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.3.7 Gesamte Indoleessigsäure (Gesamt-IES)

Jahrgangseinfluß

Der Anteil des Jahrgangs an der Gesamtvariabilität betrug 39%. Die signifikant höchsten Konzentrationen fanden sich 1997 mit durchschnittlich 115 µg/L. Überdurchschnittliche Werte wurden noch in den Jahrgängen 1996 (65 µg/L) und 1999 (70 µg/L) gefunden. Die niedrigsten Konzentrationen an Gesamt-IES wurden in den Weinen aus den Jahren 1995 (20 µg/L), 1994 (40 µg/L) und 1998 (50 µg/L) gemessen. Die Unterschiede zwischen den Jahrgangsmittelwerten betrugen maximal das 6-fache. Innerhalb der Düngungsvarianten fand sich ein davon verschiedener Jahrgangseinfluß. In der Nullvariante war 1999 das Jahr mit der weitaus höchsten Konzentration. Selbst der Wert 1995 war noch leicht höher als in dem Jahr 1997. In der hochgedüngten 150 kg N/ha-Variante wurde die mit Abstand höchste Konzentration 1997 gemessen. 1999 lag die Gesamt-IES-Konzentration in dieser Variante dagegen unter den Jahren 1996 und 1998 und befand sich auf dem Niveau von 1995. Während in den anderen Düngevarianten der Jahrgangsunterschied zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert ebenfalls das 6-fache betrug, wurde in der 150 kg N/ha-Variante im Jahr mit der höchsten Konzentration 11 mal so viel Gesamt-IES gefunden im Vergleich zum Jahr mit der niedrigsten Konzentration.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung übte mit einer Anteilsziffer von 1,5% nur einen geringen, nicht signifikanten Einfluß auf die Gesamt-IES-Konzentration im Wein aus. Im Mittel sanken die Konzentrationen durch eine N-Düngung um 10-25% ab. Den größten Einfluß hatte die N-Düngung in den Jahren 1996 und 1997 mit Anteilen von 42 bzw. 45% an der Variabilität der Gesamt-IES. Nur in diesen beiden Jahren konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. 1996 nahmen die Konzentrationen mit der N-Düngung ab. Die 30 und 60 kg N/ha-Variante lagen über 20%, die 90 und 150 kg N/ha-Variante nahezu 50% unterhalb der ungedüngten Variante. 1997 fanden sich dagegen im Wein zunehmende Gesamt-IES-Konzentrationen mit steigenden N-Gaben. Die Düngungsvarianten mit 30-90 kg N/ha lagen um 45-60% über der Nullvariante. Im Wein der 150 kg N/ha-Variante fand sich eine um 115% erhöhte Gesamt-IES-Konzentration. In den restlichen Jahren bewegte sich der Düngungseinfluß zwischen Anteilziffern von 16 (1998) und 28% (1999). In diesen Jahren waren die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten nicht absicherbar. 1998 ließ sich kein Düngungseinfluß ausmachen. 1994 und 1995 nahmen die Konzentrationen mit der Düngung leicht ab. Im Jahr 1999 fanden sich dagegen in den gedüngten Varianten nur 30-55% der Konzentrationen an Gesamt-IES im Vergleich zur Nullvariante.

Die Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung erklärte einen hohen Anteil von 17% an der Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration. Die Reststreuung betrug 43%.

Tab. 76: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Gesamt-IES-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	38,6	16,2***						
Düngung	1,5	0,8	20,6	21,5	42,4	45,4*	16,0	28,1
Jahr x Düngung	16,9	1,8*						
Rest	43,0		79,4	78,5	57,6	54,6	84	71,9

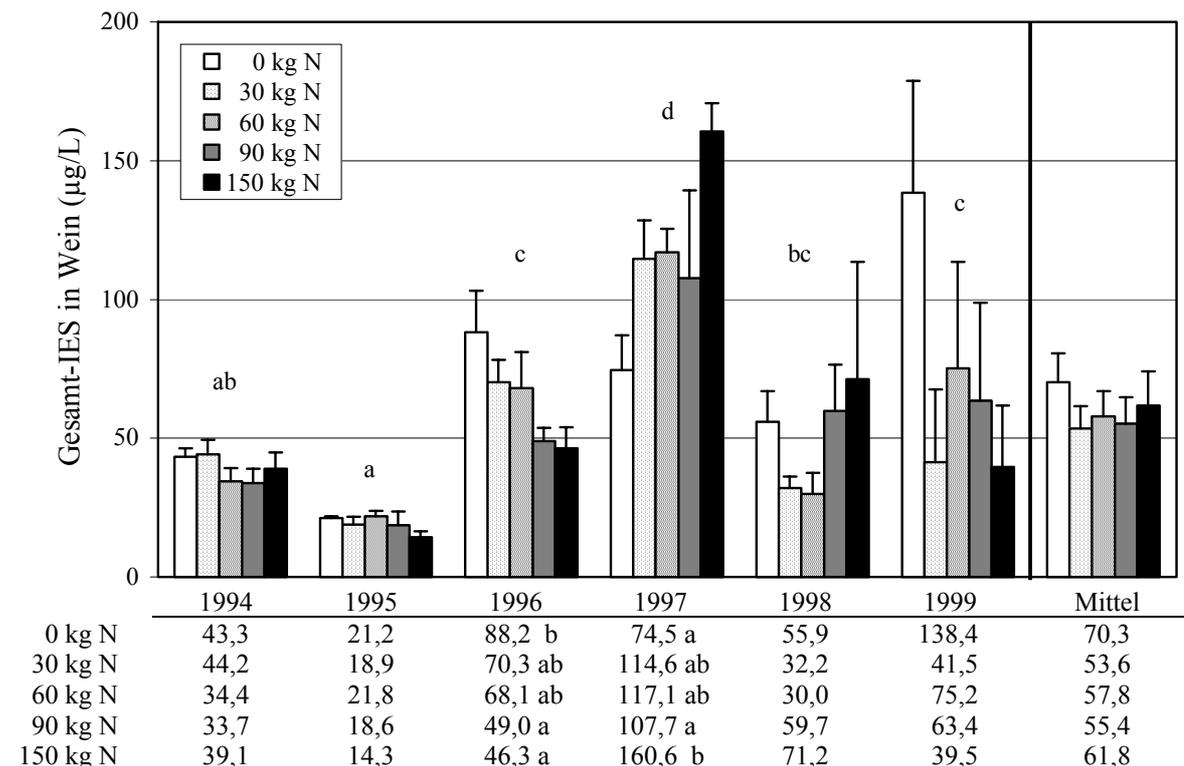


Abb. 54: Gesamt-IES-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6 4 Antioxidatives Potential

Wasserlösliche und lipidlösliche Antioxidantien wiesen in den beiden untersuchten Jahrgängen 1998 und 1999 das gleiche Reaktionsmuster auf die Düngung aus. 1998 lagen die Werte insbesondere der wasserlöslichen Anteile eng zusammen. In der Tendenz war das antioxidative Potential in der hochgedüngten Variante etwas niedriger. 1999 wies die Nullvariante im Durchschnitt ein deutlich höheres antioxidatives Potential auf. Die gedüngten Varianten lagen bei den wasserlöslichen Antioxidantien im Mittel 50% unter der Kontrolle, die lipidlöslichen Antioxidantien lagen 30% darunter.

Tab. 77: Varianzanalytische Bewertung der Einflussfaktoren auf die Gesamtvariabilität der wasserlöslichen (ACW) und lipidlöslichen (ACL) antioxidativen Kapazität. Zweifaktoriell: Bewertung der Faktoren Jahrgang und Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1998 und 1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	ACW				ACL			
	zweifaktoriell		einfaktoriell		zweifaktoriell		einfaktoriell	
	Anteilsziffer	F-Wert	1998	1999	Anteilsziffer	F-Wert	1998	1999
Jahr	29,5	12,1**			14,1	7,59*		
Düngung	10,8	1,1	9,9	31,3	25,6	3,45*	55,1*	49,8
Jahr x Düngung	6,0	0,6			19,3	2,59		
Rest	53,7		90,1	68,7	40,9		44,9	50,2

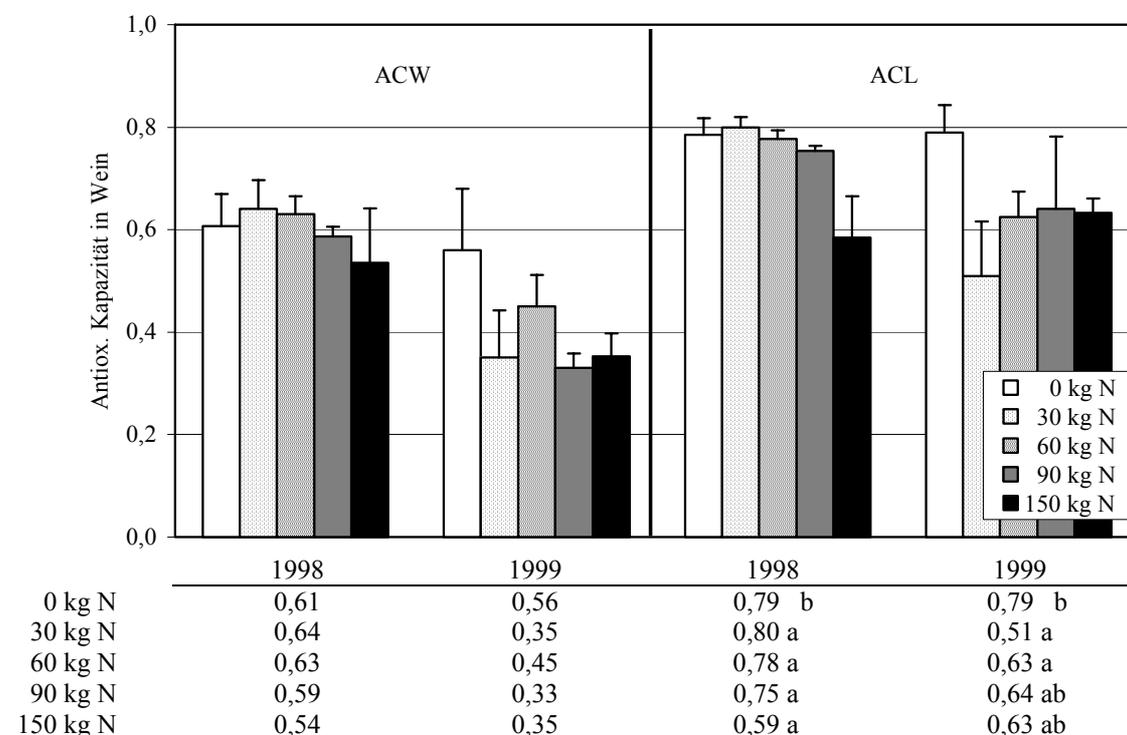


Abb. 55: Wasserlösliche (ACW) und lipidlösliche (ACL) Antioxidantien in den Weinen der Jahrgänge 1998 und 1999 in Abhängigkeit der Düngestufen 0, 30, 60, 90, 150 kg N/ha. ACW ist als Ascorbinsäure-, ACL als Trolox-Aquivalent in mmol/L angegeben.

4.6.5 Aromen

4.6.5.1 Aromaprofil traubeneigener- und Gäraromen (Kaltron-Extraktion)

Die Konzentration an den traubeneigenen Terpenen (Tab. 78) unterlag hohen Jahrgangsschwankungen. An Linalool fand sich im Jahr 1999 mehr als das Doppelte als in den nächsthöheren Jahren 1994 und 1995. Die mit Abstand niedrigsten Konzentrationen wurden 1997 verzeichnet. Die Konzentrationen an Linalooloxid waren demgegenüber gegenläufig: In den Jahrgängen 1997 und 1998 wurden die signifikant höchsten Konzentrationen gemessen, gefolgt von dem 1995er. Dieses Muster wiederholt sich bezüglich Hotrienol, während α -Terpineol 1998 die höchsten und 1999 die zweithöchsten Werte aufwies. Bei den Gäraromen (Tab. 79) zeigten sich ebenso deutliche Jahrgangseinflüsse. Die höheren Alkohole 3- und 2-Methylbutanol waren in den Jahren 1994, 1997 und 1999 erhöht. Auch die Konzentration von 2-Phenylethanol war in diesen drei Jahren am höchsten, die Unterschiede zwischen den Jahrgängen 1994-1998 waren aber nicht absicherbar. Die Konzentration an Ethylacetat war 1996 signifikant am geringsten. Bis auf diese Ausnahme waren die Acetat-Konzentrationen im Jahr 1996 deutlich erhöht. Die Ethylester wiesen keinen einheitlichen Jahrgangseinfluß auf. Die Konzentrationen an Capron-, Capryl-, und Caprinsäureethylester waren 1996 signifikant am höchsten, zwischen den übrigen Jahren fand sich keine deutliche Differenzierung mehr. Demgegenüber waren die Konzentrationen an iso-Buttersäureethylester und Propionsäureethylester im Jahrgang 1996 am niedrigsten.

Im allgemeinen war der Jahrgangseinfluß auf die Aromastoffe wesentlich stärker als der Düngungseinfluß. Der Jahrgangseinfluß war i.d.R. hoch signifikant und erklärt die Streuung der Aromakonzentration je nach Substanz zu 30-95% (Tab. 80). Die N-Düngung zeigte dagegen keinen signifikanten Einfluß auf die Aromen. Die Terpene wiesen die geringsten Düngungseffekte und die höchsten Jahrgangseffekte (75-97 %) auf. Bei der Stoffgruppe der höheren Alkohole hatte der Jahrgang einen Anteil von ca. 50% an der Varianz. Bei den höheren Alkoholen, wie auch bei den Estern fanden sich die höchsten Düngungseinflüsse. Die Regressionsanalyse zwischen der Gesamt-AS-Konzentration im Most bzw. dem Mostgewicht und den Aromastoffen zeigte, daß das Mostgewicht nur in wenigen Fällen die Aromastoffbildung erklären kann. Neben Diethylsuccinat wurden Linalooloxid und Neroloxid signifikant positiv durch höheres Mostgewicht beeinflusst ($r^2 = 20-25\%$). Der Einfluß der AS-Konzentrationen im Most war wesentlich stärker und betraf auch mehr Aromen. Die Konzentrationen an Ethylester der Capron-, Capryl-, und Caprinsäure konnten zu 57-67% mit der AS-Konzentration erklärt werden. Ebenfalls hochsignifikant positive Korrelationen fanden sich zu den Aromen 2-Methylbutylacetat, Hexylacetat und Buttersäureethylester. Es wurden zudem bei vielen Aromen sinkende Konzentrationen mit zunehmender AS-Konzentration festgestellt. Dies betraf Methylbutanol, 2-Phenylethanol, Linalool, Ethylacetat und Propionsäureethylester mit signifikant negativer Korrelation, wobei dieser Zusammenhang 16-24% der Streuung dieser Aromen erklären konnte.

Tab. 78: Mittlere Konzentrationen der Terpene und Teropenoxide ($\mu\text{g/L}$) im Wein \pm SF resultierend aus den verschiedenen Düngevarianten. Signifikante Unterschiede zwischen den Jahrgängen sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet.

	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
α -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. 79: Mittlere Konzentrationen (mg/L) der Gäraromen im Wein \pm SF 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	23,1 \pm 1,51 b	22,2 \pm 0,96 b	15,6 \pm 1,38 a	22,1 \pm 1,61 b	24,9 \pm 3,91 b	20,5 \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
Diethylsuccinat	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

Tab. 80: Statistische Kennzahlen der Aromastoffe im Wein. Anteilsziffer (%) der einfaktoriellen Varianzanalyse (Jahr, Düngung), Bestimmtheitsmaß (%) der linearen Regression zwischen Aromastoff und Gesamt-Aminosäuren im Most (AS) bzw. Mostgewicht (MG). Bei negativen Korrelationen ist das Bestimmtheitsmaß mit „-“ versehen. Die Werte sind in Prozent angegeben. Das Signifikanzniveau ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	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*
α -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
Diethylsuccinat	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

4.6.5.2 o-Aminoacetophenon

Jahrgangseinfluß

Die Gesamtvariabilität der AAP-Konzentrationen im Wein wurde zu 20% durch den Jahrgangseinfluß erklärt. Vom Jahrgang 1995 waren aus der Nullvariante nur noch Weine aus der Parzelle 16, aus der 150 kg N/ha-Variante nur noch aus der Parzelle 47 vorhanden, so daß hier keine Feldwiederholung gemessen werden konnte. Bei der einfaktoriellen Varianzanalyse wurde dieses Jahr deshalb nicht miteinbezogen. Die höchsten Konzentrationen fanden sich 1999 mit durchschnittlich 0,76 µg/L. Davon nicht absicherbar unterschiedlich waren die nächstniedrigeren Jahre 1994 (0,61 µg/L) und 1998 (0,56 µg/L). Etwas niedriger, und damit signifikant waren die Jahre 1995 (0,54 µg/L) und 1997 (0,47 µg/L). Die Weine des Jahrgangs 1996 wiesen die niedrigsten AAP-Konzentrationen auf (durchschnittlich 0,25 µg/L). Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten des niedrigsten (1996) und höchsten (1999) Jahrgangs betragen das 3-fache. Die übrigen Jahre unterschieden sich dagegen nur noch maximal um das 1,3-fache. Innerhalb der Düngungsvarianten war der Jahrgangseinfluß davon verschieden. In der Nullvariante war 1999 das Jahr mit der weitaus höchsten Konzentration. Mit 0,73 µg/L war die AAP-Konzentration über 5 mal so hoch wie in 1996, als der niedrigste Wert (durchschnittlich 0,14 µg/L) gemessen wurde. Die AAP-Konzentration 1994 lag dagegen in dieser Variante deutlich unter den Jahren 1998 und 1997. In der 150 kg N/ha-Variante wurden die höchsten Konzentrationen aber 1994 (durchschnittlich 0,94 µg/L) und 1995 (1,18 µg/L Einzelwert!) gefunden. 1996 blieb in dieser Variante das Jahr mit der geringsten Konzentration. Der Jahrgangunterschied zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert betrug in der hochgedüngten Variante ebenfalls das 3-fache.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung hatte einen hohen Einfluß von 17% auf die Variabilität der AAP-Konzentration. Gegenüber der ungedüngten Variante stieg die Konzentration im Mittel durch eine N-Düngung von 60 kg N/ha um 45%, bei 150 kg N/ha sogar um 125%. Während diese Steigerung im Mittel signifikant war, waren die Unterschiede innerhalb der Jahre nicht absicherbar. In allen Jahren 1994-1998 konnte man einen deutlichen Anstieg der AAP-Konzentration im Wein durch die Düngung feststellen. Gegenüber der Nullvariante nahmen die Konzentrationen um 75% zu (1998). 1994 betrug die Steigerung sogar 340%. Die Düngung erklärt in diesem Jahr 35% von der Streuung, in den Jahren 1996-1998 lag die Anteilsziffer bei 16-25%. 1999 hatte die Düngung bei einem Anteil von unter 3% an der Variabilität keinen Einfluß auf die AAP-Konzentration.

Die Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung hatte einen Anteil von 13% an der Gesamtvariabilität, ohne signifikant zu sein. Die nicht erklärbare Reststreuung war mit 50% sehr hoch.

Tab. 81: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der AAP-Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	20,0	3,7**						
Düngung	17,0	7,8**	34,8	-	16,4	24,9	23,0	2,7
Jahr x Düngung	12,9	1,2						
Rest	50,1		65,2	-	83,6	75,1	77,0	97,3

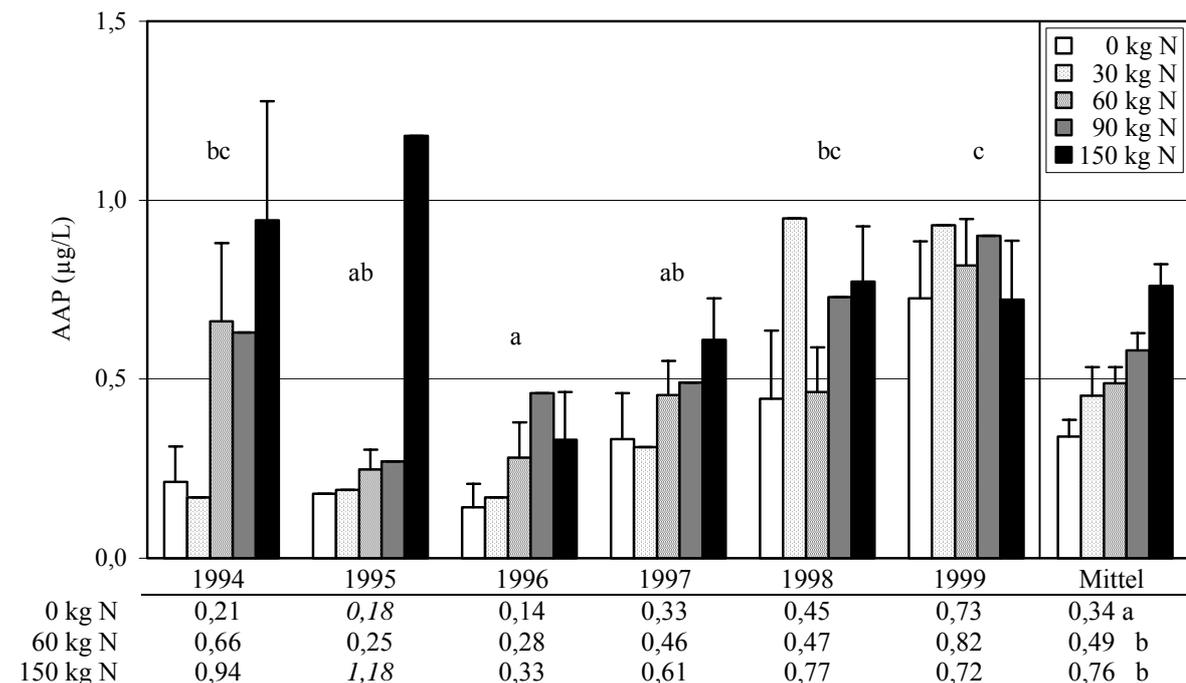


Abb. 56: AAP-Konzentration ($\mu\text{g/L}$) im Wein in Abh. von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0-150 kg N/ha Jahr). Kursiv gedruckte Werte in 1995 sind Einzelwerte ansonsten gilt: 0, 60, 150 kg N/ha sind Mittelwerte der vier Parzellen, 30, 90 kg N/ha sind Einzelwerte. Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Dünge­stufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.5.3 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on (MTT)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang hatte einen Anteil von 55% an der Gesamtvariabilität. 1995-1998 lagen die Jahresmittel auf etwa gleichem Niveau (1,3-4,1 µg/L) und unterschieden sich nicht signifikant. Davon setzten sich die Jahrgänge 1994 und 1999 mit durchschnittlich 12,6 bzw. 25,3 µg/L deutlich ab.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung beeinflusste die Konzentration zu 16%. Im Mittel fand sich eine sehr starke Zunahme der 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on-Konzentration mit der Düngung. Gegenüber der Nullvariante lag die mittlere Variante um 150% höher, die hochgedüngte Variante sogar um über 500%. Eine enorme Abhängigkeit von der Düngung wurde auch 1994 und 1999 festgestellt. Sie erklärte in diesen Jahren 84 bzw. 71% der 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on -Konzentration. Bei sehr geringer Konzentration in der ungedüngten Variante (1 µg/L) waren die Steigerungsraten 1994 überdurchschnittlich hoch (+900% bzw. +2460%). Bezüglich der Konzentration von 11 µg/L in der Nullvariante 1999 betragen die Zunahmen in der 60 kg N/ha-Variante +120% und in der 150 kg N/ha-Variante +260%. In den übrigen Jahren betrug der Anteil der Düngung an der Variabilität lediglich 10-30%. Absicherbare Unterschiede zwischen den Düngevarianten fanden sich nicht mehr.

Die Wechselwirkung zwischen Jahrgang und Düngung betrug 18% der Gesamtvariabilität und war hochsignifikant. Die Reststreuung lag bei 11%.

Tab. 82: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Konzentration an 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Düngungseinfluß in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	54,8	44,6***						
Düngung	15,7	32,0***	84,1**	-	21,1	29,0	12,5	71,2**
Jahr x Düngung	18,1	7,4***						
Rest	11,3		15,9	-	78,9	71,0	87,5	28,8

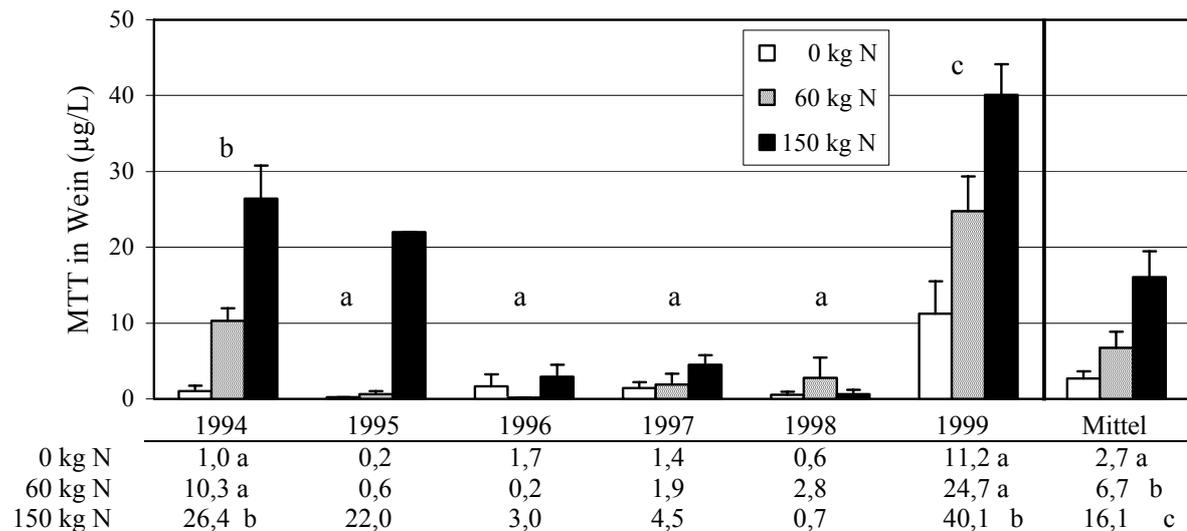


Abb. 57: Konzentration ($\mu\text{g/L}$) von 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on (MTT) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0; 60; 150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.5.4 Ethyl-3-thiomethylpropionat (ETMP)

Jahrgangseinfluß

Der Jahrgang erklärte 57% der Ethyl-3-thiomethylpropionat-Konzentration. Im Jahresdurchschnitt wurden 1999 die geringsten Konzentrationen gefunden (0,71 µg/L). Davon nicht signifikant unterscheidbar war 1998 mit 0,88 µg/L. Absicherbar höher als in 1999 waren die Werte 1994, 1995 und 1997 mit ca. 1,4 µg/L. Die höchsten Konzentrationen wurden 1996 mit durchschnittlich 2,53 µg/L gemessen. Der Jahrgangseinfluß in den Düngevarianten unterschied sich davon deutlich. In der hochgedüngten Variante wurde der niedrigste Wert ebenfalls 1999 gefunden, die Konzentrationen in den Jahren 1994 und 1997 lagen aber gleichauf mit 1998. In den ungedüngten Varianten fand sich der niedrigste Wert dagegen 1998, knapp gefolgt von 1995 und 1999. In 1996 war die Konzentration nun nicht mehr wesentlich über den Jahren 1994 und 1997.

Düngungseinfluß

Die N-Düngung beeinflusste die Ethyl-3-thiomethylpropionat-Konzentration nicht in allgemein gleicher Weise. Im Mittel fanden sich keine Unterschiede. In den Jahren 1994, 1997 und 1999 konnte man dagegen einen deutlichen Düngungseinfluß feststellen. In diesen Jahren nahm die Konzentration mit der Düngung ab. Absicherbar war dieser Einfluß allerdings nur im Jahr 1997, in dem die Düngung 56% der Ethyl-3-thiomethylpropionat-Konzentration erklärte. Gegenüber der ungedüngten Variante nahm die Konzentration bei einer Düngung von 60 kg N/ha um 25% ab, bei 150 kg N/ha betrug die Abnahme 35%. 1994 war der Anteil der Düngung an der Variabilität mit 44% etwas niedriger. Die hochgedüngte Variante lag um 43% niedriger als die Nullvariante und unterschied sich von ihr mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5,5%. Die relative Abnahme war zwar 1999 am stärksten (-56%), bei einer sehr hohen Reststreuung wurden aber nur 17% der Variabilität durch den Düngungseinfluß erklärt. In den übrigen Jahren (1995, 1996, 1998) stieg die Ethyl-3-thiomethylpropionat-Konzentration mit der N-Düngung. 1996 lag die hochgedüngte Variante signifikant um 75% über der ungedüngten Variante. Die Zunahme um 130% im Jahr 1995 war mangels Feldwiederholung nicht absicherbar. Die geringste Zunahme fand sich 1998 (+34%).

Der konträre Düngungseinfluß in den verschiedenen Jahren war hochsignifikant. Die Wechselwirkung erklärt 17% der Ethyl-3-thiomethylpropionat-Konzentration. Die Reststreuung betrug 25%.

Tab. 83: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität der Ethyl-3-thiomethylpropionat -Konzentration im Wein. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Düngungseinfluß in den Versuchsjahren 1994-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell					
	Anteilsziffer	F-Wert	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jahr	56,8	20,9***						
Düngung	0,8	0,7	43,9	-	43,6	55,6*	14,9	17,3
Jahr x Düngung	17,4	3,2**						
Rest	25,0		56,1	91,3	56,4	44,4	85,1	82,7

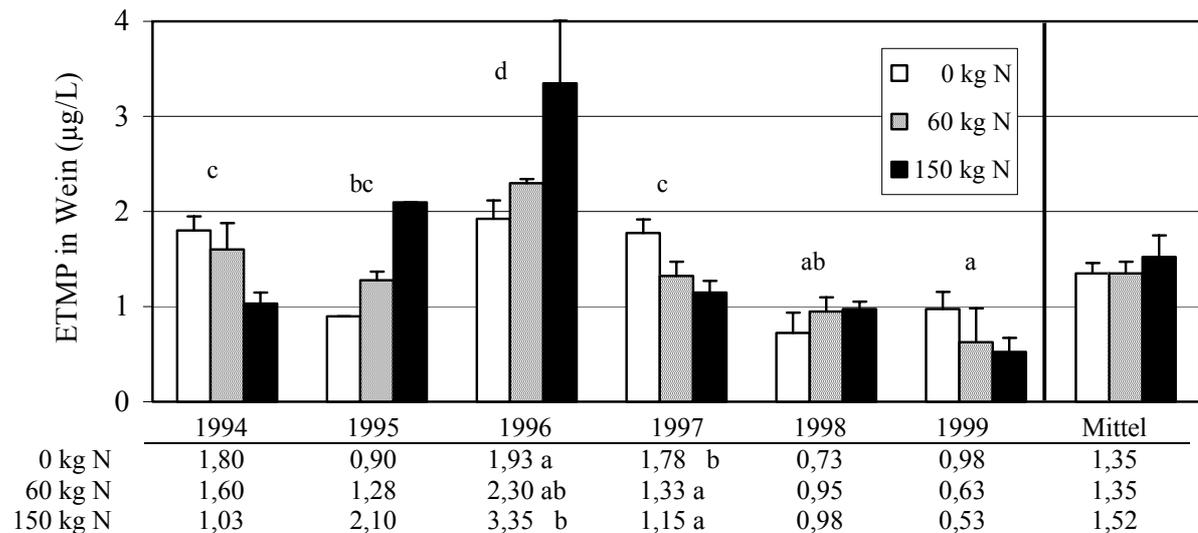


Abb. 58: Konzentration ($\mu\text{g/L}$) von Ethyl-3-thiomethylpropionat (ETMP) im Wein im Mittel der vier Parzellen in Abhängigkeit von den Versuchsjahren (1994-1999) und der N-Düngung (0; 60; 150 kg N/ha Jahr). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.6.5.5 Weitere S-Aromen

Die Konzentration an **Methylthioacetat** lag einzig 1999 deutlich über 1 µg/L. Hier fand sich eine starke Steigerung mit der N-Düngung. In den anderen Jahren lagen die Konzentrationen unter 0,25 µg/L. 1994 wurde kein Methylthioacetat gefunden.

Ethylthioacetat fand sich 1998 in allen Düngevarianten; 1996 sowie 1999 wurde es lediglich in je einer Düngevariante gemessen. In den übrigen Jahrgängen fand sich kein Ethylthioacetat.

Im Jahr 1996 stieg die **Methional**-Konzentration in den Weinen mit der N-Düngung von durchschnittlich 25 µg/L (0 kg N/ha) auf 28 µg/L (150 kg N/ha). 1998 stiegen die Methional-Werte von 6,5 auf 12,2 µg/L. Demgegenüber wurde 1999 mit der N-Düngung eine starke signifikante Abnahme von 16,7 µg/L in der ungedüngten Variante auf 2,6 µg/L in der hochgedüngten Variante gefunden. 1997 waren die Konzentrationen einheitlich (8 µg/L); 1994 und 1995 ließ sich mit durchschnittlich 20 µg/L kein Düngungseinfluß erkennen.

3-Methylthiopropylacetat fand sich nur in den Weinen des Jahrgangs 1999 in allen Düngevarianten, in den übrigen Jahren wurde es selten gemessen.

Methionol nahm in den Jahren 1994, 1997 und 1999 mit der N-Düngung ab. Die Konzentrationen waren 1999 am höchsten und betragen in den Weinen der Nullvariante durchschnittlich 700 µg/L; in der hochgedüngten Variante fanden sich 435 µg/L. 1994 und 1995 betragen die Konzentrationen im Mittel zwischen 325 und 275 µg/L bzw. zwischen 345 und 195 µg/L. In den Weinen des Jahrgangs 1995 konnte mit der N-Düngung eine Zunahme der Methionol-Konzentration festgestellt werden, allerdings wurden weder von der Nullvariante noch von der hochgedüngten Variante mehrere Feldwiederholungen gemessen. In den Jahren 1996 und 1998 wurde kein Düngungseinfluß gefunden. Die niedrigsten Jahresdurchschnittswerte wurden 1995 (175 µg/L) und 1998 (205 µg/L) verzeichnet.

Benzothiazol war bis auf 1995 in allen Jahren in der Nullvariante erhöht. 1994, 1995, 1997 und 1998 war die Konzentration in der 150 kg N/ha-Variante am niedrigsten. Dieser Effekt war lediglich 1999, sowie im Mittel aller Jahre absicherbar, innerhalb der Jahre fanden sich keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 84: Konzentrationen (µg/L) der S-haltigen Aromen und AAP im Wein, sowie die varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren und deren Wechselwirkung auf die Gesamtvariabilität der Konzentrationen. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	Konzentration (µg/L)		Anteilsziffer (zweifaktoriell)			
	Mittel	Min - Max	Jahrgang (J)	Düngung (D)	J x D	Rest
o-Aminoacetophenon	0,51	0,01 - 1,7	20,0***	17,0***	12,9	50,1
Methylthioacetat	0,52	0,0 - 14,3	41,8***	5,6**	30,9***	21,8
Ethylthioacetat	0,09	0,0 - 1,0	10,9	1,0	13,6	74,5
Methional	16,03	0,0 - 64,2	34,9***	2,6	20,0*	42,5
2-Methyltetrahydrothiophen-3-on	8,44	0,1 - 50,6	54,8***	15,7***	18,1***	11,3
Ethyl-3-thiomethylpropionate	1,34	0,1 - 5,0	56,8***	0,8	17,4**	25,0
3-Methylthiopropylacetat	1,11	0,0 - 54,1	12,7	1,8	12,4	73,1
Methionol	320,93	90,0 - 1213,0	37,9*	0,8	7,9	53,4
Benzothiazol	13,85	3,5 - 99,2	21,7*	4,9	5,8	67,7

4.7 Sensorik

4.7.1 Geruchsschwelle von o-Aminoacetophenon

Bedenkt man, daß 33% im Dreieckstest bei reinem Raten zu erwarten ist, folgt aus 60% richtigen Antworten dennoch, daß nicht 40, sondern 60% der Panelteilnehmer geraten haben. Demzufolge wurden von über der Hälfte der Panelmitglieder die mit 0,7 µg/L AAP dotierten Weine nicht erkannt. Selbst bei knapp 90% richtigen Antworten im Dreieckstest bei 1µg/L AAP haben demnach noch 20% keinen Unterschied feststellen können. Knapp ein Viertel des Panels war der Meinung, der UTA-Wein sei besser, darin sind allerdings die „geratenen“ Nennungen mit erfaßt.

Tab. 85: Dreieckstest mit AAP-dotierten Weinen (0,7 µg/L, 1 µg/L) gegen die undotierte Kontrolle (n = 15). Anteil (%) der Prüfer-Antworten. Das Signifikanzniveau ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	Dotierung	
	0,7 µg/L	1 µg/L
Abweichende Probe erkannt	60% *	87% ***
davon als negativ bewertet	56%	77%
positiv	22%	23%
geraten	60%	20%

4.7.2 Dreieckstest und Rangordnungstest

Im Dreieckstest erwiesen sich in 4 von 6 Jahrgängen die Weine der Nullvariante von denen der hochgedüngten Variante signifikant unterschiedlich. Lediglich in den Jahren 1995 und 1997 waren die Weine der extremen Varianten nicht absicherbar zu unterscheiden. Dagegen war in diesen Jahren die mittlere Variante (60 kg N/ha) von der Nullvariante (1995) bzw. von der 150 kg N/ha-Variante (1997) unterscheidbar. In den Jahren 1996 und 1998 war die mittlere Variante signifikant unterschiedlich zur hochgedüngten Variante, 1994 zur Nullvariante. 1999 unterschied sie sich nicht von den extremen Varianten.

Eine eindeutige Präferenz für einen Wein gab es in den Jahren 1994, 1995 und 1999. 1994 waren 70% der Prüfer der Meinung, daß die Nullvariante besser war als die 60 kg N/ha-Variante. 20% der Prüfer fanden die Nullvariante dagegen schlechter. Gegenüber der hochgedüngten Variante waren die Beurteilungen ausgeglichen. 1995 wurde die Nullvariante von 50% der Prüfer als schlechter im Vergleich zur mittleren Variante angesehen. 10% waren der Meinung, die Nullvariante war der bessere Wein. 1999 wurde die Nullvariante von 65% besser bewertet als die 150 kg N/ha-Variante. Als den schlechteren Wein sahen 20% der Prüfer die Nullvariante an.

Im Rangordnungstest fanden sich 1995 und 1999 signifikante Unterschiede. 1999 war der Wein aus der Nullvariante besser beurteilt worden als der aus der hochgedüngten Variante. Dies war auch 1994 und 1996 der Fall, ohne jedoch signifikant zu sein. 1995

schnitt die Nullvariante dagegen am schlechtesten ab, die 60 kg N/ha-Variante wurde am besten bewertet und unterschied sich von der Nullvariante, während die 150 kg N/ha-Variante dazwischen lag, ohne sich signifikant von der Nullvariante zu unterscheiden. Auch 1998 schnitt die Nullvariante am schlechtesten ab, was aber im Rangordnungstest nicht absicherbar war.

Tab. 86: Ergebnisse des Dreieckstests der Mischproben der Weine aus den Düngevarianten 0, 60 und 150 kg N/ha von 1994-1999. Signifikant unterschiedliche Varianten innerhalb der Jahrgänge sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0 kg N/ha	a	b	a	ab	a	b
60 kg N/ha	b	a	ab	b	a	ab
150 kg N/ha	b	ab	b	a	b	a

Tab. 87: Rangordnungstest zwischen den Mischproben der Weine aus den Düngevarianten 0, 60 und 150 kg N/ha von 1994-1999. Signifikant unterschiedliche Varianten innerhalb der Jahrgänge sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0 kg N/ha	1,7	2,3 b	1,8	2,0	2,2	1,7 a
60 kg N/ha	2,2	1,7 a	1,8	1,8	1,9	2,3 b
150 kg N/ha	2,1	2,0 ab	2,4	2,2	1,9	2,0 ab

4.7.3 DLG-5 Punkte Schema

4.7.3.1 Geruch

Der Jahrgang 1995 wurde besser bewertet als die Weine von 1994. 1996 war besser als 1997 und 1998 besser als 1999: Die Jahrgänge 1995, 1996 und 1998 waren im Attribut Geruch besser bewertet worden als die benachbarten Jahrgänge 1994, 1997 und 1999. Der Jahrgang 1998 wurde am besten bewertet, es folgt der Jahrgang 1995, der damit nach drei bis vier Jahren Lagerung immer noch besser war als der einjährige 1999er. Die schlechtesten Bewertungen erhielten die Jahrgänge 1994 (1,77) und 1997 (1,84).

Im Attribut Geruch nach dem DLG-Schema fanden sich beim Signifikanzniveau von 5% keine absicherbaren Unterschiede. 1999 waren die Unterschiede am deutlichsten, die Nullvariante lag bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 10% signifikant unter der hochgedüngten Variante. Auch beim 1998er nahm die Bewertungszahl für Geruch mit der Düngung in der Tendenz zu. Die Weine der Jahrgänge 1994 und 1996 wurden dagegen im Geruch bei zunehmender N-Düngung tendenziell schlechter bewertet. Beim 1995er wurde die mittlere Variante am schlechtesten bewertet, beim 1997er dagegen tendenziell besser.

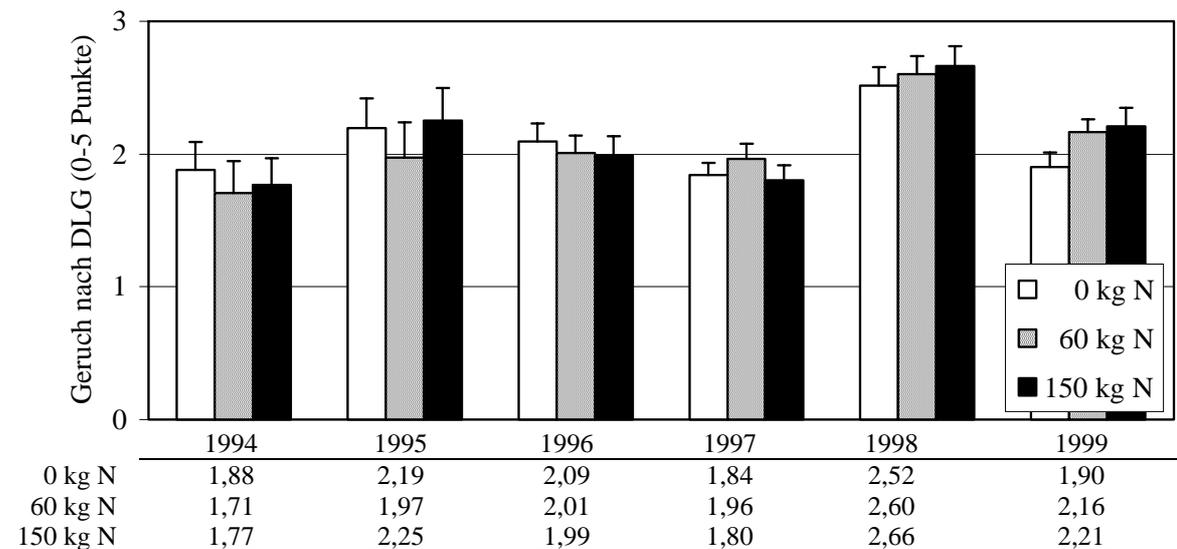


Abb. 59: Attribut Geruch (0-5 Pkte.) aus der Verkostung der Weine nach DLG 5-Punkte-Schema. Im Test waren die Weine der Düngungsvarianten (0; 60; 150 kg N/ha Jahr) aus allen Versuchsjahren (1994-1999). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt. (Prüferzahl n in 1994: 17; 1995: 17; 1996: 32; 1997: 34; 1998: 34; 1999: 32).

4.7.3.2 Geschmack

Die Jahrgänge 1995, 1996 und 1998 waren im Attribut Geschmack besser bewertet worden als die benachbarten Jahrgänge 1994, 1997 und 1999. Der 1998er Jahrgang erhielt die höchsten Bewertungszahlen. Es folgen die Weine aus 1996 und 1999, die gleich gut bewertet wurden. Ebenfalls gleich gut waren die Jahrgänge 1995 und 1997. Mit großem Abstand am schlechtesten bewertet wurde der 1994er Jahrgang.

In den Jahrgängen 1994 und 1999 wurden signifikante Unterschiede im Attribut Geschmack festgestellt. In beiden Jahren erhielt die Nullvariante die höchste Bewertungszahl, während die Weine der gedüngten Varianten signifikant schlechter bewertet wurden. Beim 1994er erhielt der Wein aus der mittleren Variante unter 1,5 Punkte und war somit im Mittel unter Qualitätsweinniveau. Auch in den Weinen der Jahrgänge 1996, 1997 und 1998 sank die Bewertungszahl für den Geschmack bei N-Düngung. Demgegenüber stieg sie in der Tendenz bei den 1995er Weinen.

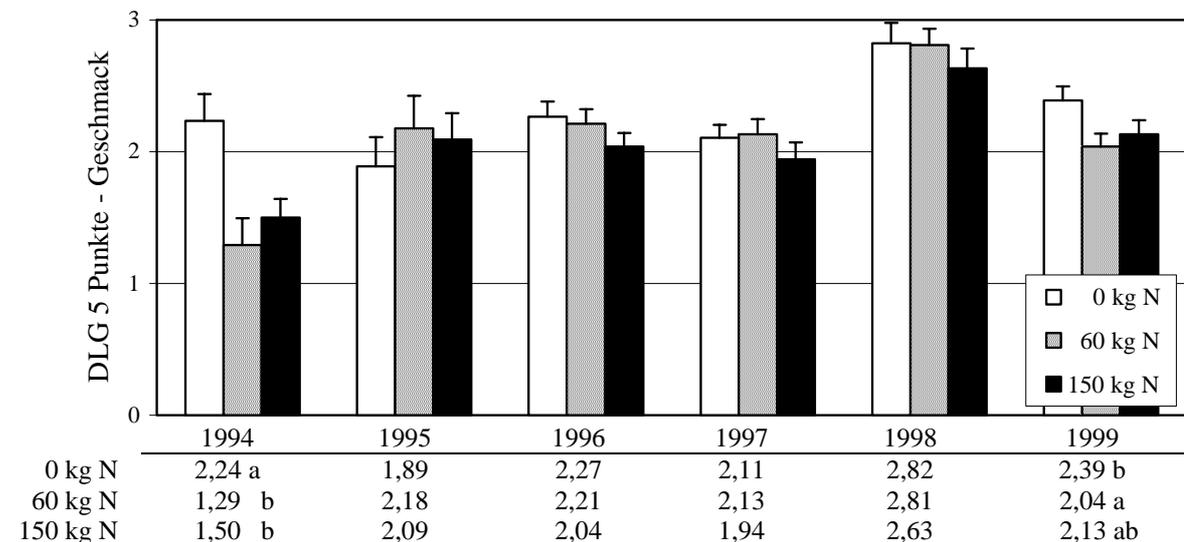


Abb. 60: Attribut Geschmack (0-5 Pkte.) aus der Verkostung der Weine nach DLG 5-Punkte-Schema. Im Test waren die Weine der Düngungsvarianten (0; 60; 150 kg N/ha Jahr) aus allen Versuchsjahren (1994-1999). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt. (Prüferzahl n in 1994: 17; 1995: 17; 1996: 32; 1997: 34; 1998: 34; 1999: 32).

4.7.3.3 Harmonie und Gesamtqualitätszahl

Die Harmoniezahl wurde im Durchschnitt nach demselben Muster vergeben wie der Geschmack. Das Niveau lag dabei leicht unter der Bewertungszahl für den Geschmack (-0,06 Punkte). Aus diesen Gründen folgt auch die Gesamtqualitätszahl der Bewertung für den Geschmack.

Tab. 88: Harmonie und Gesamt-Zahl (0-5 Pkte.) \pm SF aus der Verkostung der Weine nach DLG 5-Punkte-Schema. Im Test waren die Weine (Mischproben) der Düngungsvarianten (0, 60, 150 kg N/ha Jahr) aus allen Versuchsjahren (1994-1999). Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt. (Prüferzahl n in 1994: 17; 1995: 17; 1996: 32; 1997: 34; 1998: 34; 1999: 32).

		1994	1995	1996	1997	1998	1999
Harmonie	0 kg N/ha	2,21 \pm 0,19 b	1,85 \pm 0,23	2,19 \pm 0,11	1,92 \pm 0,11	2,84 \pm 0,17	2,20 \pm 0,12
	60 kg N/ha	1,32 \pm 0,21 a	2,09 \pm 0,23	2,21 \pm 0,11	2,03 \pm 0,12	2,72 \pm 0,12	2,04 \pm 0,10
	150 kg N/ha	1,50 \pm 0,16 a	1,90 \pm 0,19	1,99 \pm 0,10	1,90 \pm 0,10	2,57 \pm 0,15	2,10 \pm 0,13
Gesamt	0 kg N/ha	2,11 \pm 0,20 b	1,98 \pm 0,23	2,18 \pm 0,12	1,96 \pm 0,10	2,73 \pm 0,16	2,16 \pm 0,11
	60 kg N/ha	1,44 \pm 0,22 a	2,08 \pm 0,25	2,14 \pm 0,12	2,04 \pm 0,11	2,71 \pm 0,13	2,08 \pm 0,10
	150 kg N/ha	1,59 \pm 0,17 ab	2,08 \pm 0,21	2,01 \pm 0,12	1,88 \pm 0,11	2,62 \pm 0,15	2,15 \pm 0,12

4.7.4 Quantitativ deskriptive Sensorik

4.7.4.1 Vegetativ

Die Jahrgänge 1995, 1996 und 1998 erhielten im Attribut Vegetativ eine höhere Bewertungszahl als die benachbarten Jahrgänge 1994, 1997 und 1999. Der 1994er Jahrgang wurde am stärksten als Vegetativ bewertet. Es folgen die Weine der Jahrgänge 1995 und 1997. Die geringste vegetative Ausprägung hatte der 1996er Wein.

1994 und 1997 nahm der vegetative Charakter der Weine mit der N-Düngung zu. 1994 lag die Nullvariante signifikant unter der hochgedüngten Variante. 1997 waren die extremen Varianten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 10% unterschiedlich. Im 1999er Jahrgang wurde die signifikant niedrigste Bewertungszahl dem Wein aus der 150 kg N/ha-Variante gegeben. In den anderen Jahren (1995, 1996 und 1999) fand sich keine einheitliche Tendenz.

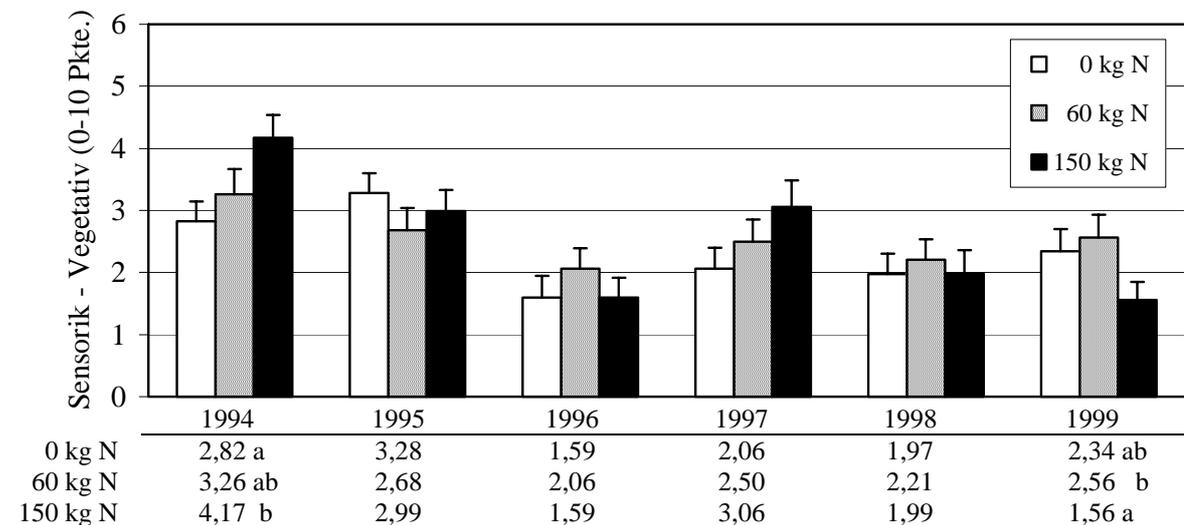


Abb. 61: Attribut Vegetativ (0-10 Pkte.) aus der deskriptiven Verkostung der Weine. Im Test waren die Weine der Düngungsvarianten (0; 60; 150 kg N/ha Jahr) aus allen Versuchsjahren (1994-1999). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt. (Prüferzahl n in 1994: 42; 1995: 42; 1996: 32; 1997: 32; 1998: 34; 1999: 32).

4.7.4.2 Blumig

Die Jahrgänge 1995, 1996 und 1998 erhielten im Attribut Blumig eine höhere Bewertungszahl als die benachbarten Jahrgänge 1994, 1997 und 1999. Die Bewertungszahlen lagen insgesamt sehr dicht beieinander. Im Durchschnitt wurde der 1996er Jahrgang am blumigsten bewertet (3,22), gefolgt von den 1995er Weinen (3,06). Die geringsten Ausprägungen im Attribut Blumig hatten die 1994er und 1999er Weine (2,55 und 2,66).

Die Weine unterschieden sich in keinem Jahr signifikant voneinander. Tendenziell stieg der blumige Geruch in den Jahren 1995, 1996 und 1998 bei N-Düngung. In den anderen Jahrgängen (1994, 1997, 1999) nahm er dagegen eher ab, wobei insbesondere 1997 und 1999 die Unterschiede minimal waren.

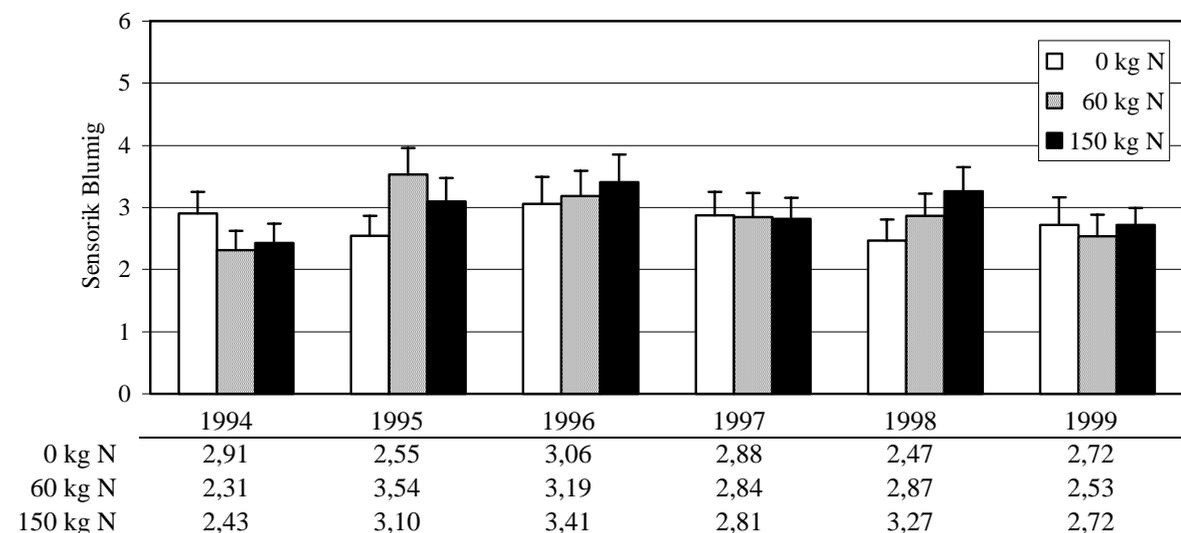


Abb. 62: Attribut Blumig (0-10 Pkte.) aus der deskriptiven Verkostung der Weine. Im Test waren die Weine der Düngungsvarianten (0; 60; 150 kg N/ha Jahr) aus allen Versuchsjahren (1994-1999). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt. (Prüferzahl n in 1994: 42; 1995: 42; 1996: 32; 1997: 32; 1998: 34; 1999: 32).

4.7.4.3 Fruchtig

Der Jahrgang 1996 wurde als weniger fruchtig bewertet als der 1997er Jahrgang. Die Jahre 1995 und 1998 waren dagegen fruchtiger als die Jahre 1994 bzw. 1999. Der Wein aus dem Jahr 1998 wurde mit deutlichem Abstand als am fruchtigsten bewertet (4,57) gefolgt von den Jahren 1999 (3,6) und 1995 (3,33). Die Weine des Jahrgangs 1994 erhielten die niedrigsten Bewertungszahlen (2,66).

Der Einfluß der N-Düngung auf das Attribut Fruchtig war in keinem Jahr signifikant. Die Weine der Jahrgänge 1995, 1996 und 1999 zeigten aber in der Tendenz eine stärkere Frucht durch die Düngung. Am deutlichsten war dies im 1999er Jahrgang ausgeprägt; der Wein aus der hochgedüngten Variante mit der Bewertungszahl 4,5 unterschied sich von dem Wein aus der 60 kg N/ha-Variante mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $< 10\%$. Bei den Jahrgängen 1994, 1997 und 1998 nahmen die Weine bei N- Düngung eher an Frucht ab, wobei die Unterschiede vor allem 1997 deutlich hervortraten.

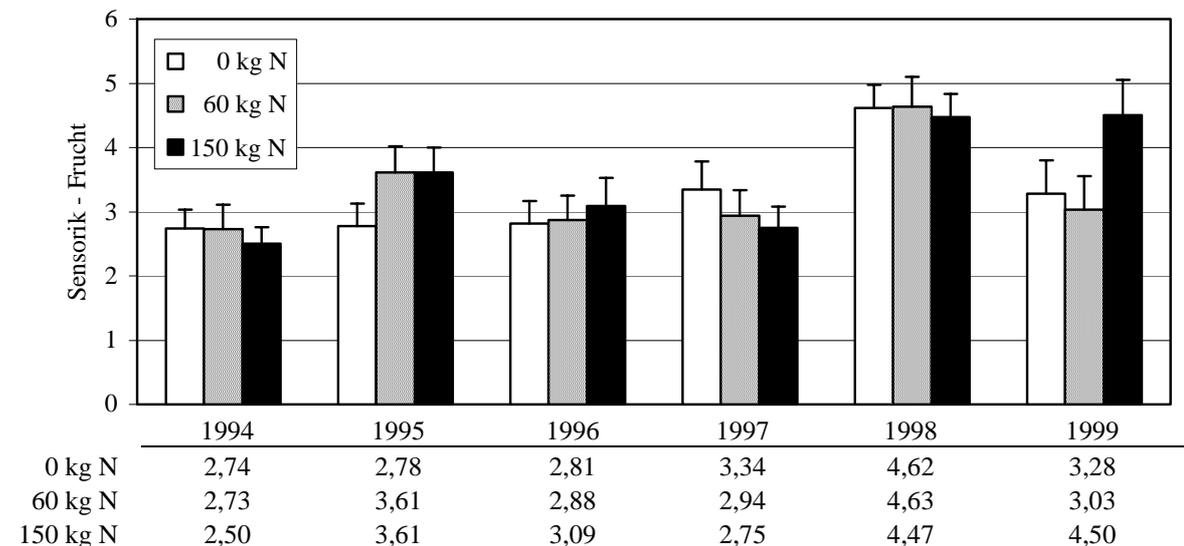


Abb. 63: Attribut Fruchtig (0-10 Pkte.) aus der deskriptiven Verkostung der Weine. Im Test waren die Weine der Düngungsvarianten (0; 60; 150 kg N/ha Jahr) aus allen Versuchsjahren (1994-1999). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt. (Prüferzahl n in 1994: 42; 1995: 42; 1996: 32; 1997: 32; 1998: 34; 1999: 32).

4.7.4.4 UTA – erste Verkostung

Die Jahrgänge 1995, 1996 und 1998 erhielten im Attribut UTA eine niedrigere Bewertungszahl als die benachbarten Jahrgänge 1994, 1997 und 1999. Die 1994er Weine waren deutlich am stärksten mit UTA behaftet (BZ: 4,94). Es folgten die Jahrgänge 1995 (3,28) und 1997 (3,0). Die 1996er Weine, die im selben Alter wie die 1997er verkostet wurden, erhielten wesentlich niedrigere UTA-Zahlen (1,89). Als nahezu UTA-frei wurde der 1998er Jahrgang nach einem Jahr Lagerung bewertet (0,32), während der 1999er – ebenfalls ein Jahr nach der Füllung – durchschnittlich die UTA-Zahl 2,0 erhielt.

In den Jahrgängen 1997 und 1999 fanden sich signifikante Unterschiede zwischen den Düngevarianten. Bei den 1997er Weinen lag die 150 kg N/ha-Variante über den anderen beiden Varianten mit einer doppelt so hohen UTA-Zahl. In den Jahren 1994 und 1996 nahm die UTA-Ausprägung der Weine ebenfalls mit der N-Düngung zu. Dagegen war 1999 die Nullvariante signifikant am stärksten mit UTA behaftet. Auch 1995 wurde eine Abnahme des Attributs UTA mit der Düngung beobachtet. Die 1998er Weine präsentierten sich auf sehr niedrigem Niveau bezüglich UTA praktisch identisch.

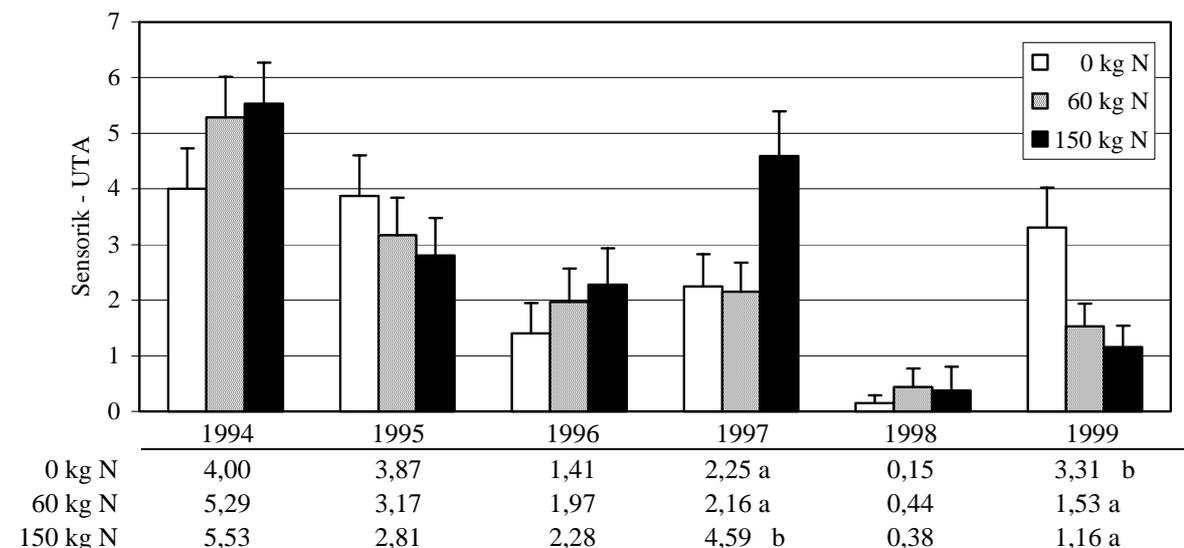


Abb. 64: Attribut UTA (0-10 Pkte.) aus der deskriptiven Verkostung der Weine. Im Test waren die Weine der Düngevarianten (0; 60; 150 kg N/ha Jahr) aus allen Versuchsjahren (1994-1999). Die Fehlerbalken stellen den SF dar. Signifikante Unterschiede ($\alpha = 5\%$) zwischen den Düngevarianten sind in der Datentabelle vermerkt. (Prüferzahl n in 1994: 42; 1995: 42; 1996: 32; 1997: 32; 1998: 34; 1999: 32).

4.7.4.5 UTA-Nachverkostung

Die Weine in dieser Versuchsserie wurden im gleichen Zeitraum verkostet, waren insofern also direkt vergleichbar. Gegenüber den vorherigen Verkostungsserien wurde jede Feldwiederholung einzeln von dem Prüferpanel verkostet, so daß von diesen Jahrgängen (1996-1999) jeder Wein eine UTA-Bewertung erhielt. Aufgrund der großen Probenzahl mußte man sich allerdings auf das Attribut UTA beschränken. Insgesamt wies der 1996er Wein trotz höheren Alters die niedrigsten UTA-Noten auf. Auch der 1998er Jahrgang war etwas geringer UTA-belastet, der Vergleich mit dem 1997er Jahrgang ist aber aufgrund des geringeren Alters nicht unproblematisch. Die jüngeren Weine aus 1999 waren jedoch deutlich stärker mit UTA behaftet. Im allgemeinen ergab sich das Problem, daß Bockser oder auch andere Aromen mit auftraten, so daß die Stärke des UTA schwer zu bestimmen war. Insbesondere beim 1999er wurden von den Prüfern öfter Bockser angemerkt.

In allen Jahrgängen wies die Nullvariante die Weine mit den niedrigsten UTA-Noten auf. 1997 und 1998 ließen sich die Unterschiede zu den Weinen aus der 150 kg N/ha-Variante absichern. Während von 1996-1998 die UTA-Bewertung der 60 kg N/ha-Variante im Mittel zwischen den beiden extremen Varianten lag, waren 1999 diese Weine am stärksten mit UTA belastet.

Trotz signifikantem Jahrgangs- und Düngungseinfluß von je ca. 20% blieb eine große nicht erklärbare Restkomponente von über 50% an der Streuung der UTA-Note im Wein.

Tab. 89: Varianzanalytische Bewertung der Einflußfaktoren auf die Gesamtvariabilität des UTA-Attributs bei der Einzel-Weinverkostung. Zweifaktoriell: Bewertung von Jahrgang, Düngung, sowie ihrer Wechselwirkung und der Reststreuung. Einfaktoriell: Einfluß der Düngung in den Versuchsjahren 1996-1999. Das Signifikanzniveau der F-Werte ist mit Sternen gekennzeichnet (*: $\alpha = 5\%$, **: $\alpha = 1\%$, ***: $\alpha = 0,1\%$).

	zweifaktoriell		Anteilsziffer einfaktoriell			
	Anteilsziffer	F-Wert	1996	1997	1998	1999
Jahr	21,4	4,9**				
Düngung	19,6	6,7**	22,8	42,2	52,0*	15,6
Jahr x Düngung	6,4	0,7				
Rest	52,6		77,2	57,8	48,0	84,4

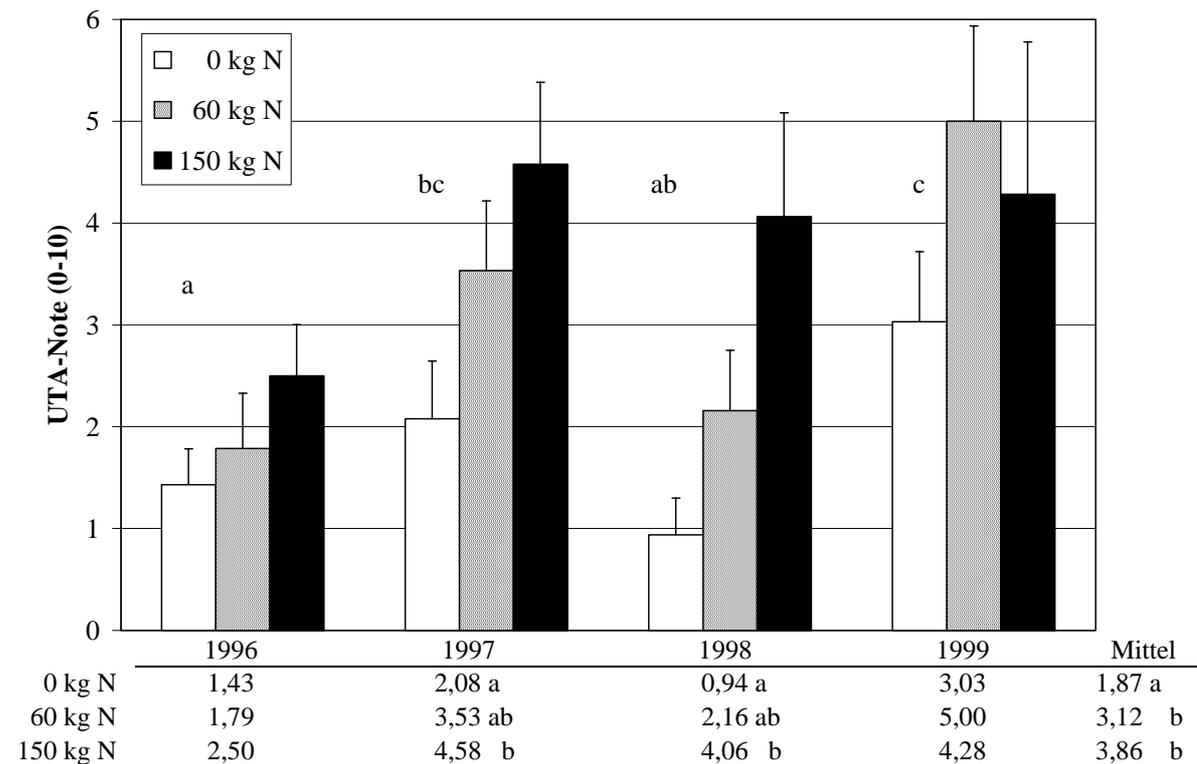


Abb. 65: UTA-Attribut (0-10 Pkte.) als Mittelwert der sensorischen Beurteilung aller vier Feldwiederholungen einzeln (n: 8). Die Fehlerbalken stellen die SF zwischen den Mittelwerten in den Feldwiederholungen dar. Signifikant unterschiedliche Jahrgänge ($\alpha = 5\%$) sind über den Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen sind in der Datentabelle vermerkt.

4.8 Zusammenhang zwischen AAP und verschiedenen Meßparametern

4.8.1 N-Düngung und N_{\min}

Die N-Düngung wies insgesamt eine signifikante positive Korrelation auf die AAP-Konzentration des Weines auf mit $r^2 = 0,12$. Innerhalb der Jahre fanden sich i.d.R. ebenfalls positive Korrelationen. Die Regressionsberechnung des Jahres 1995 ist dabei kritisch zu betrachten, da bei $n = 8$ ein enormer Ausreißerwert die Berechnung dominiert. Abgesehen von 1995 wurde nur noch 1994 eine signifikante Korrelation mit $r^2 = 0,35$ festgestellt. 1997 betrug die Irrtumswahrscheinlichkeit 6% bei $r^2 = 0,27$. 1999 war kein linearer Zusammenhang zwischen N-Düngung und AAP im Wein festzustellen.

Die N_{\min} -Werte im Boden korrelierten i.d.R. positiv mit den AAP-Werten im Wein. Als einzige Ausnahme war die Korrelation zum Austrieb signifikant negativ. Allerdings wurden zu diesem Termin in den Jahren 1998 und 1999 keine Bodenproben genommen. Über alle Versuchsjahre betrachtet, war der Zusammenhang mit den N_{\min} -Werten im Winter mit $r^2 = 0,17$ am größten und zum Reifebeginn am niedrigsten. Die Daten der Bodenprobeentnahme zur Blüte und im Sommer wurden nicht dargestellt und lagen noch tiefer. Innerhalb der Jahre fanden sich die häufigsten absicherbaren Regressionen zum Zeitpunkt der Lese. Mit r^2 -Werten zwischen 0,02 (1999) und 0,61 (1994) wurden ähnlich starke Zusammenhänge wie bei der N-Düngung zum AAP-Gehalt gefunden.

Tab. 90: Kenndaten der Regressionsanalyse (r^2 und Regressionskoeffizient m) mit N-Düngung (kg N/ha) und N_{\min} (kg N/ha) zu verschiedenen Probeterminen als unabhängige Variablen und AAP ($\mu\text{g/L}$) als abhängige Variable. (n: 1994: 12, 1995: 8, 1996-1999: je 14, gesamt: 76) (Signifikanzniveau : + = 10%, *= 5%, **= 1%, ***= 0,1%) (r^2 und Regressionskoeffizient m).

		1994-1999	1994	1995	1996	1997	1998	1999
N-Düngung	r^2	0,119**	0,347*	0,686*	0,160	0,266+	0,136	0,002
	m	0,002	0,005	0,007	0,001	0,002	0,002	-1,E-04
N_{\min} Austrieb	r^2	0,102**	0,067	0,001	0,108	0,241	-	-
	m	-0,006	0,035	0,005	0,004	0,017	-	-
Reifebeginn	r^2	0,031	0,114	0,048	0,226	0,143	0,086	0,015
	m	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	2,E-04
Lese	r^2	0,089**	0,610***	0,077	0,321*	0,296*	0,066	0,015
	m	0,001	0,003	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
Winter	r^2	0,168***	0,344*	0,364	0,233	0,167	0,008	0,007
	m	0,004	0,005	0,010	0,004	0,003	0,001	0,001

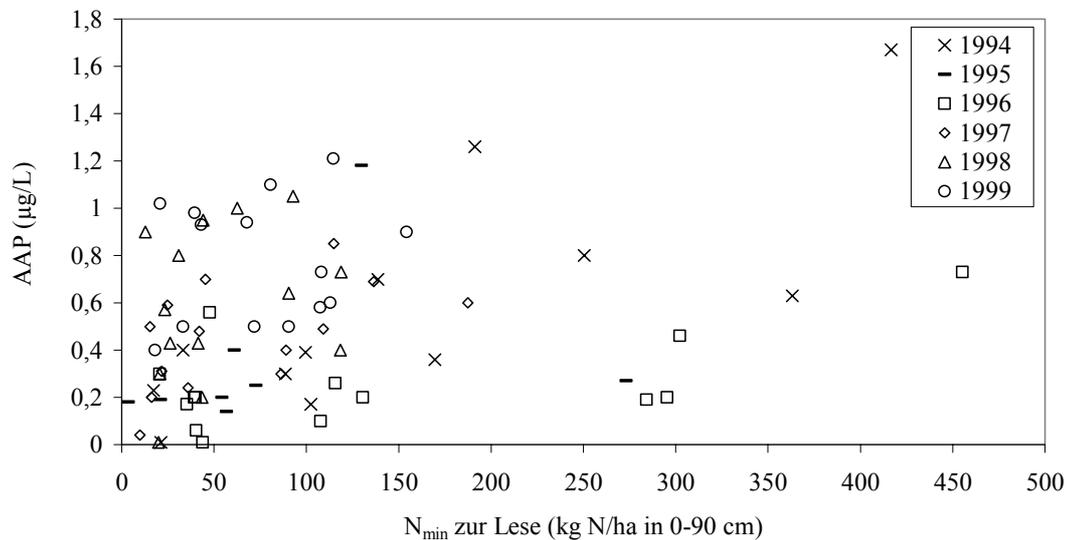


Abb. 66: Zusammenhang zwischen N_{\min} zur Lese und der resultierenden AAP-Konzentration im entsprechenden Wein.

4.8.2 Ertrag, Mostgewicht und Säure

1999 erfolgte eine Ausdünnung zur Qualitätssteigerung und später um der Gefahr der Essigfäule zu begegnen. Deshalb konnte in diesem Jahr keine Ertragsbestimmung durchgeführt werden. Der Ertrag lag lt. Weinbauamt Eltville 1999 um ca. 15% über dem von 1997; entsprechend muß man von einem ursprünglichen Ertragsniveau von 160 kg/ar ausgehen. In die Regression konnten deswegen nur die Jahre 1994-1998 eingehen. Insgesamt gab es bei einem Bestimmtheitsmaß von 0,02 keine signifikante Korrelation. Demnach konnte die Varianz der AAP-Konzentration im Wein nicht mit der Höhe des Traubenertrags erklärt werden. Innerhalb der Jahre fiel 1995 als einziges mit einer negativen Korrelation aus dem Rahmen. Während 1997 bei $r^2 = 0,02$ kein Zusammenhang mit dem Ertrag zu finden war, konnten 1995 hoch signifikant über 55% und 1994 sowie 1998 noch ca. 25% (mit Irrtumswahrscheinlichkeiten von 9 bzw. 6%) der AAP-Streuung durch den unterschiedlichen Ertrag erklärt werden.

Das Mostgewicht der Trauben hatte über alle Jahre hinweg gesehen ebenfalls keinen Einfluß auf das AAP. Innerhalb der Jahre war die lineare Regression neben 1995 noch 1996 (mit $r^2 = 0,35$) signifikant. Es fanden sich mit steigendem Mostgewicht jedoch sowohl zunehmende (1995, 1998) als auch abnehmende AAP-Konzentrationen im Wein.

Die Mostsäure korrelierte, auf alle Versuchsjahre bezogen, hoch signifikant mit einem r^2 von 0,19 mit AAP, wobei mit zunehmender Mostsäure die AAP-Werte abnahmen. Innerhalb der Jahre fand sich aber auch 1998 eine positive Korrelation bei einem relativ hohen r^2 (0,18). Die negative Korrelation in den anderen Jahren war nur 1995 signifikant. Davon abgesehen fand sich 1999 mit 23% der stärkste Einfluß der Mostsäure auf AAP im Wein, was sich mit $\alpha = 8\%$ absichern ließ.

Mostsäure und Mostgewicht wiesen damit von allen berechneten Regressionen die höchsten Erklärungsraten für das Jahr 1999 auf.

Tab. 91: Kenndaten der Regressionsanalyse (r^2 und Regressionskoeffizient m) mit Traubenertrag (kg/ar), Mostgewicht MG ($^{\circ}\text{Oe}$) und Mostsäure (g/L) als unabhängige Variablen und AAP ($\mu\text{g/L}$) als abhängige Variable. (n: 1994: 12, 1995: 8, 1996-1999: je 14, gesamt: 76) (α : + = 10%, * = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%).

		Gesamt	0	60	150	1994	1995	1996	1997	1998	1999
			kg N/ha	kg N/ha	kg N/ha						
Ertrag	r^2	0,016	0,003	0,061	0,003	0,260 ⁺	0,612*	0,561**	0,024	0,239 ⁺	-
	m	0,003	0,001	0,002	-0,001	0,014	-0,023	0,011	0,002	0,013	-
MG	r^2	0,040 ⁺	0,061	0,016	0,015	0,100	0,654*	0,355*	0,071	0,019	0,181
	m	-0,016	-0,020	-0,009	-0,009	-0,026	0,106	-0,042	-0,017	-0,018	0,057
Säure	r^2	0,191***	0,401**	0,213*	0,004	0,004	0,600*	0,181	0,058	0,159	0,232 ⁺
	m	-0,092	-0,121	-0,086	0,019	-0,033	-0,358	0,127	-0,085	-0,241	-0,373

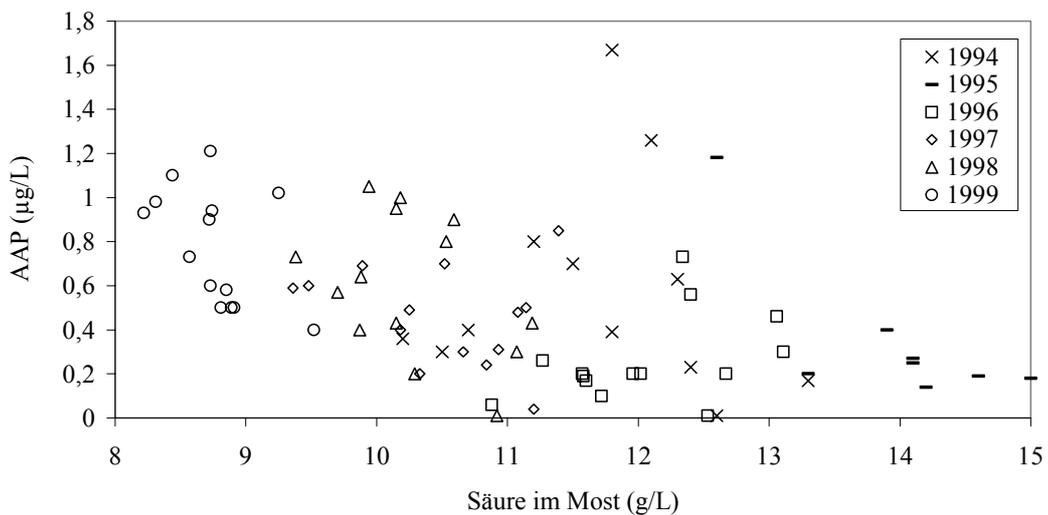
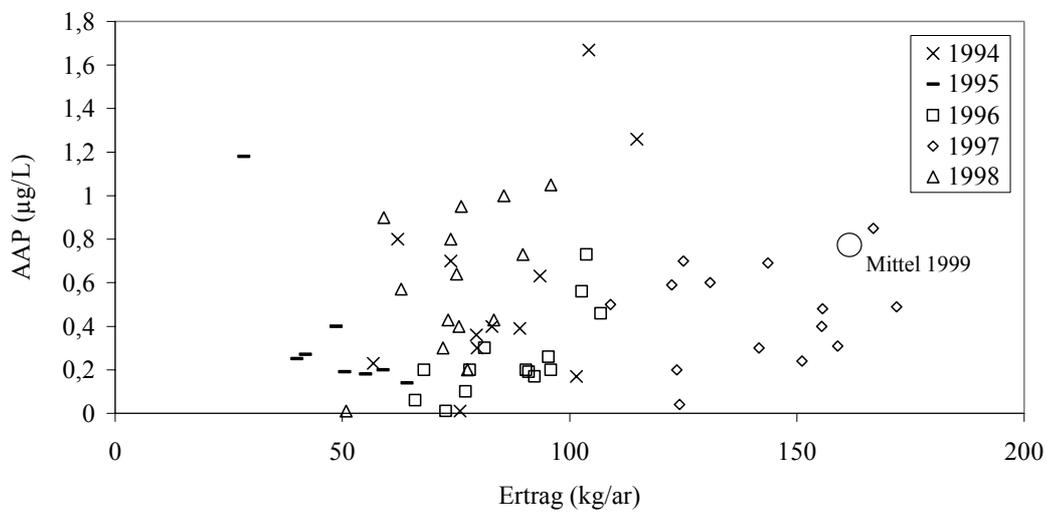


Abb. 67: Zusammenhang zwischen Ertrag und Säure im Most und der resultierenden AAP-Konzentration im entsprechenden Wein.

4.8.3 Tryptophan-Derivate

Auf alle Jahre bezogen wiesen im **Most** lediglich die MTHCC-Konzentration und die Konzentration der gesamten IES eine signifikante (negative) Korrelation mit der AAP-Konzentration im Wein auf. Innerhalb der Jahre waren lediglich zwei einzelne Werte signifikant (NFK und AA, jeweils 1996). Die relativ hohe, signifikante Korrelation bei MTHCC beruhte auf dem hohen Zusammenhang bezüglich des Jahrgangseffekts. Die Streuung innerhalb eines Jahres konnte damit nicht erklärt werden. Die gesamte IES im Most wies das zweithöchste Bestimmtheitsmaß (0,11) auf. In der Hälfte der Jahre (1994, 1996, 1999) war die Korrelation allerdings negativ, in den anderen ebenso stark positiv.

Die freien Trp-Derivate im **Wein** standen für eine potentielle Umsetzung in AAP direkt zur Verfügung. Auf alle Jahre bezogen korrelierte lediglich MTHCC im Wein signifikant mit dem resultierenden AAP. Innerhalb der Jahre 1994, 1995 und 1998 fanden sich ebenfalls noch relativ starke Zusammenhänge ($r^2 = 0,1$) zwischen MTHCC und AAP, ohne absicherbar zu sein. 1994 fand sich mit zunehmendem MTHCC auch mehr AAP im Wein; in den anderen Jahren, wie auch über alle Jahre hinweg betrachtet, war dies umgekehrt. Mit zunehmender freier IES im Wein fand sich in den Jahren 1994-1998 tendenziell weniger AAP. Abgesehen von 1995 war dieser Zusammenhang 1998 mit $r^2 = 0,15$ am stärksten, 1994 mit $r^2 = 0,02$ am schwächsten. 1999 gab es bei $r^2 = 0,09$ eine positive Korrelation. Über alle Versuchsjahre hinweg war kein Zusammenhang zwischen IES und AAP im Wein feststellbar. Die gesamte IES im Wein zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit AAP. Neben 1995 war die Korrelation 1997 mit $r^2 = 0,12$ am stärksten. In diesem Jahr war sie ebenso wie 1994 positiv, während in den anderen Jahren eine negative Korrelation festgestellt wurde.

Tab. 92: Bestimmtheitsmaß r^2 und Regressionskoeffizient m bei den Trp-Derivaten (NFK, MTHCC, TOH, AA, IMS, IES) im Most und Wein als unabhängige Variablen und AAP ($\mu\text{g/L}$) als abhängige Variable. (n: 1994: 12, 1995: 8, 1996-1999: je 14, gesamt: 76) (α : + = 10%, * = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%).

		1994-1999	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Most								
NFK	r^2	0,009	0,109	0,067	0,289*	2,E-04	0,040	0,001
	m	-0,002	-0,358	0,003	0,027	0,004	0,011	0,006
MTHCC	r^2	0,146***	0,064	0,054	0,012	0,084	0,041	3,E-04
	m	-5,E-04	0,002	-0,011	-2,E-04	0,002	0,008	-3,E-04
TOH	r^2	0,007	0,039	0,039	0,163	0,025	0,014	0,025
	m	0,007	0,025	-0,095	0,045	-0,042	0,139	-0,012
AA	r^2	0,014	0,204	-	0,293*	-	-	0,014
	m	-0,005	-0,158	-	0,013	-	-	-0,013
IMS	r^2	0,037	0,013	0,154	0,035	0,186	0,002	0,029
	m	-0,001	-0,008	0,017	-0,001	-0,002	0,007	-0,001
Freie IES	r^2	0,018	0,004	5,E-04	0,173	0,017	-	0,068
	m	-0,017	-0,012	-0,012	-0,029	-0,052	-	0,069
Gesamt-IES	r^2	0,112**	0,164	0,007	0,084	0,108	0,036	0,114
	m	-0,001	-0,006	0,001	-0,001	0,001	0,002	-0,002
Wein								
NFK	r^2	0,011	0,026	0,107	0,042	0,272	0,128	0,021
	m	-0,007	-0,188	0,250	0,007	0,222	0,020	-0,053
MTHCC	r^2	0,153***	0,144	0,345	0,019	0,002	0,216	0,042
	m	-7,E-05	0,001	-2,E-04	-7,E-05	3,E-05	-0,001	-4,E-04
TOH	r^2	1,E-04	0,116	0,436	0,031	0,210	0,357*	0,003
	m	2,E-05	-0,002	-0,012	0,001	-3,E-04	-0,003	8,E-05
AA	r^2	0,040	0,117	0,595*	0,048	-	-	-
	m	-0,026	-0,107	0,105	-0,010	-	-	-
IMS	r^2	0,040	0,053	0,001	0,035	0,059	0,007	0,080
	m	3,E-04	-0,002	-1,E-04	-3,E-04	2,E-04	-1,E-04	3,E-04
Freie IES	r^2	0,020	0,024	0,316	0,068	0,083	0,147	0,086
	m	0,003	-0,012	-0,027	-0,013	-0,012	-0,006	0,005
Gesamt-IES	r^2	0,003	0,077	0,203	0,099	0,123	0,039	0,090
	m	-4,E-04	0,015	-0,020	-0,002	0,002	-0,001	-0,001

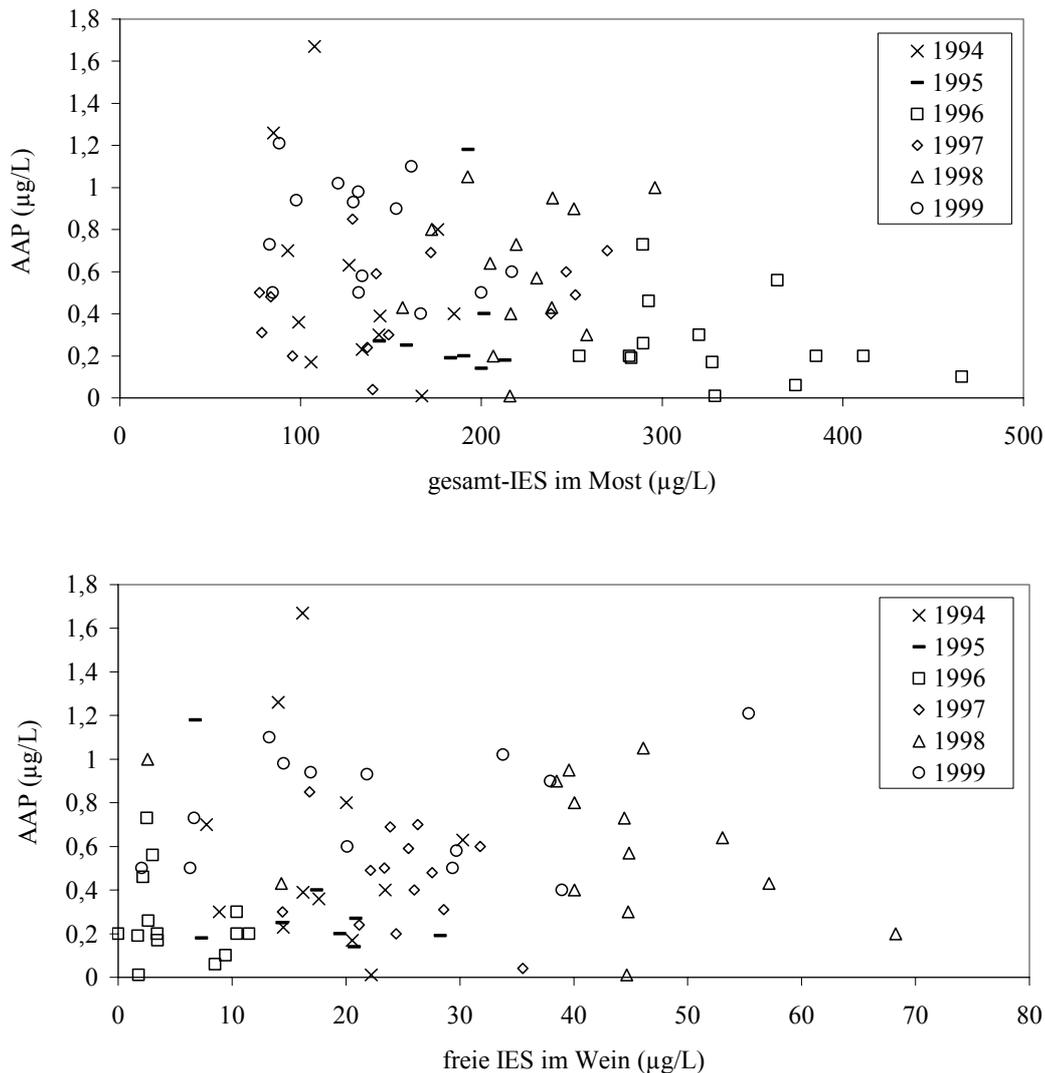


Abb. 68: Zusammenhang zwischen gesamtter IES im Most bzw. freier IES im Wein und der resultierenden AAP-Konzentration im entsprechenden Wein.

4.8.4 Aminosäuren

Betrachtet man die sechs Versuchsjahre zusammen, zeigten die Aminosäuren im Most eine negative Korrelation mit der AAP-Konzentration im Wein (Tab. 93). Dies gilt sowohl für die gesamte AS-Konzentration, als auch für nahezu alle einzeln gemessenen Aminosäuren. Einzige Ausnahmen davon waren die nicht signifikant positiven Korrelationen bei Asparagin und Threonin.

Der mit den AS-Konzentrationen erklärbare Anteil der AAP-Streuung lag in der Regel unter 10%. Etwas höhere Anteile fanden sich neben Serin (12%) und Leucin/Phenylalanin (15%) insbesondere bei Tryptophan (27%). Die signifikanten Korrelationen bei den AS beruhten wiederum in besonderem Maße auf der guten Abbildung des Jahrgangseffekts. Innerhalb der Jahre fanden sich bei den meisten AS mit steigender Konzentration auch steigende AAP-Gehalte. Es handelt sich dabei um die AS aus der Gruppe, die positiv

durch die Düngung beeinflusst werden. Die AS, die durch eine N-Düngung wenig oder sogar negativ beeinflusst wurden (Prolin, Leucin/Phenylalanin, Tryptophan) wiesen dagegen auch innerhalb der Jahre vor allem negative Korrelationen zum AAP auf.

Die prozentualen Anteile der Aminosäuren Arginin und Prolin an den Gesamt-AS im Most, sowie das Prolin/Arginin-Verhältnis wiesen über alle Jahre betrachtet keinen Zusammenhang zum AAP im Wein auf. Die Korrelation innerhalb der Jahre war dagegen verhältnismäßig hoch.

1994 und 1996 ließen sich mit dem Arg-Anteil ca. 40%, 1997 noch 20% der Varianz des AAP erklären. Lediglich 1999 zeigte sich keinerlei Zusammenhang. Beim Prolin-Anteil bzw. Prolin/Arginin-Verhältnis fand sich keine derart hohe Korrelation, dennoch lag sie mit r^2 -Werten von ca. 0,15 höher als bei den AS-Konzentrationen. Insbesondere fand sich mit einem Erklärungsanteil von 13% im Jahr 1999 der mit Abstand höchste Wert beim Pro-Anteil.

Tab. 93: Kenndaten der Regressionsanalyse (r^2 und Regressionskoeffizient m) mit Aminosäuren im Most als unabhängige Variablen und AAP ($\mu\text{g/L}$) als abhängige Variable. (n: 1994: 12, 1995: 8, 1996-1999: je 14, gesamt: 76) (Signifikanzniveau α : + = 10%, * = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%).

		1994-1999	1994	1995	1996	1997	1998	1999
gesamt-AS	r^2	0,086*	0,387*	0,001	0,004	0,157	0,125	0,001
	m	-0,001	0,009	3,E-04	1,E-04	0,002	0,002	-2,E-04
Arg	r^2	0,057*	0,509**	0,434 ⁺	0,080	0,187	0,138	5,E-04
	m	-0,001	0,022	0,014	0,001	0,003	0,004	-3,E-04
Gln	r^2	0,064*	0,481*	0,070	0,001	0,099	0,071	0,022
	m	-0,002	0,033	-0,011	-1,E-04	0,004	0,003	-0,005
Ala	r^2	0,053*	0,677***	0,042	0,188	0,098	0,104	0,003
	m	-0,013	0,182	-0,025	0,020	0,034	0,051	-0,004
Pro	r^2	0,084*	0,100	0,088	0,122	0,011	0,004	1,E-04
	m	-0,006	-0,038	-0,040	-0,007	0,005	0,003	5,E-04
Leu/Phe	r^2	0,158***	0,004	0,492	0,013	0,026	0,057	0,005
	m	-0,008	-0,028	-0,042	-0,002	0,012	0,018	-0,021
Trp	r^2	0,273***	0,084	0,404 ⁺	0,041	0,002	0,001	0,001
	m	-0,125	-0,186	-0,296	-0,159	-0,031	0,029	-0,021
Arg%	r^2	0,005	0,434*	0,835***	0,372*	0,197	0,097	0,004
	m	0,002	0,039	0,057	0,040	0,008	0,021	0,002
Pro%	r^2	0,001	0,387*	0,127	0,166	0,163	0,154	0,130
	m	-0,002	-0,047	-0,096	-0,043	-0,012	-0,030	0,059
Pro/Arg	r^2	0,011	0,388*	0,404 ⁺	0,263 ⁺	0,176	0,151	0,010
	m	-0,034	-0,487	-3,717	-1,670	-0,047	-0,654	0,040

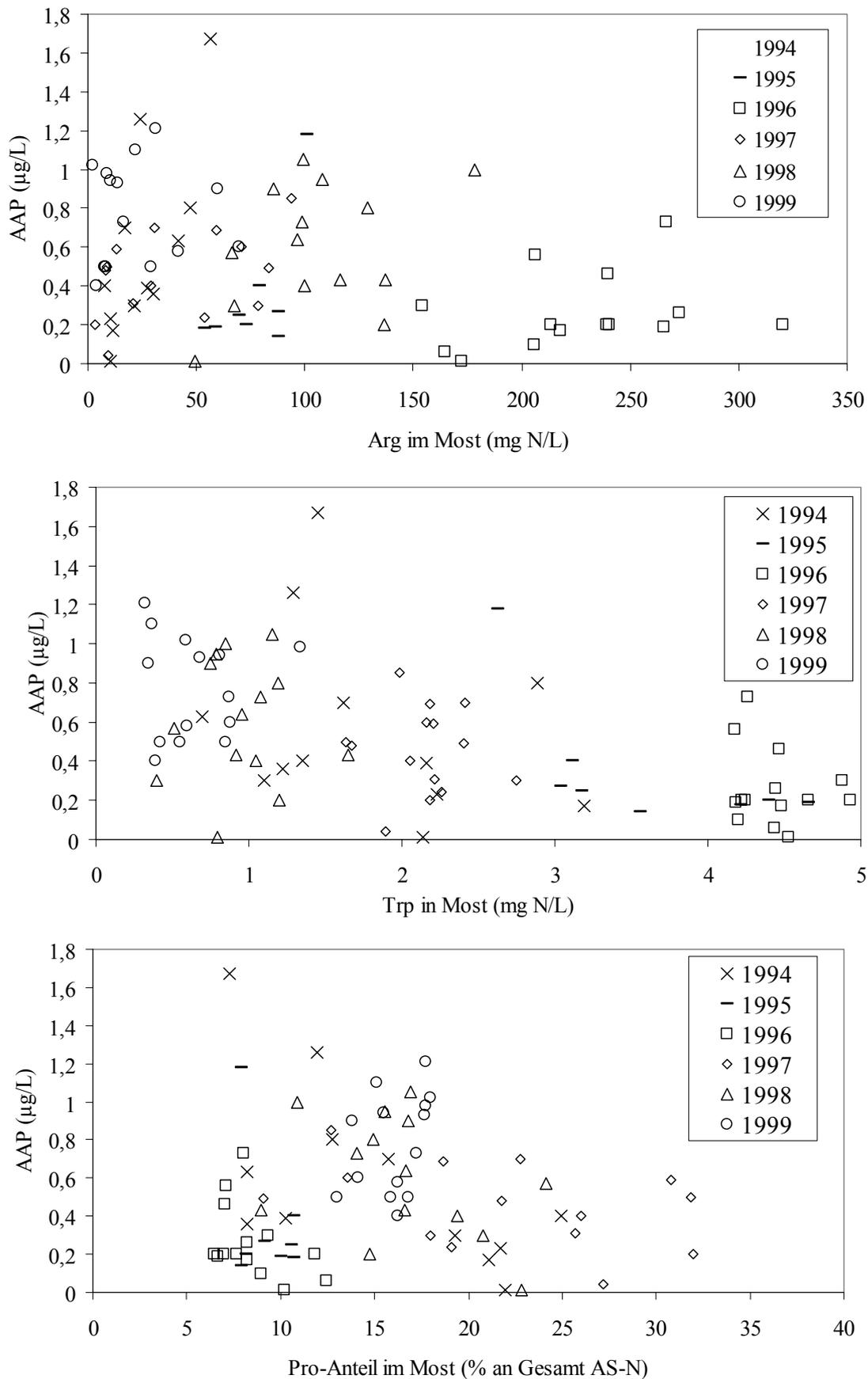


Abb. 69: Zusammenhang zwischen Arg, Trp sowie Pro-Anteil im Most und der resultierenden AAP-Konzentration im entsprechenden Wein.

4.8.5 Gärung

Einzeldaten zum Gärverlauf von Versuchen vor 1996 waren nicht mehr verfügbar. Auf alle Jahre bezogen zeigte sich zu Beginn der Gärung noch eine signifikant negative Korrelation der Gärstärke (g CO₂/L) mit dem AAP (µg/L) im Wein. Dabei können 12% der AAP-Streuung mit dem Gärverlauf erklärt werden. Innerhalb der Jahre 1996-1999 fanden sich dagegen mit stärkerer Gärung auch zunehmende AAP-Werte. 1997 war dieser Zusammenhang mit einem Erklärungsanteil von 28% signifikant, 1996 konnte dieser Zusammenhang 22% der AAP-Streuung erklären, war aber erst mit 9% Irrtumswahrscheinlichkeit absicherbar. 1998 und 1999 war der Zusammenhang mit der Gärung mit r²-Werten von 0,02 bzw. 0,06 nur noch sehr gering. Mit zunehmender Gärdauer sank die Korrelation über die gesamten betrachteten Versuchsjahre stark. In den einzelnen Jahren fand sich nach 10 Tagen aber i.d.R. ein leicht stärkerer Zusammenhang zwischen summierter CO₂-Produktion in der Gärung und der AAP-Konzentration. Betrachtet man die Korrelation zwischen CO₂-Produktion innerhalb der einzelnen Düngevarianten, so nahm der Zusammenhang mit der Düngestufe ab. Die negative Korrelation in der Nullvariante erklärte noch signifikant 33% der Varianz der AAP-Konzentrationen. Der entsprechende Erklärungsanteil in der 60 kg N/ha-Variante lag noch mit $\alpha = 7\%$ absicherbar bei 21%, in der 150 kg N/ha-Variante betrug er lediglich 8%.

Tab. 94: Kenndaten der Regressionsanalyse (r² und Regressionskoeffizient m) mit der Bildung von Gärungs-CO₂ (g/L) als unabhängiger Variablen und AAP (µg/L) als abhängiger Variablen. (n: 1994: 12, 1995: 8, 1996-1999: je 14, gesamt: 76) (Signifikanzniveau α : + = 10%, * = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%).

	1996-1999	0 kg N/ha	60 kg N/ha	150 kg N/ha	1996	1997	1998	1999
5 Tage r ²	0,118**	0,336*	0,212 ⁺	0,078	0,224 ⁺	0,279*	0,029	0,001
m	-0,009	-0,018	-0,012	-0,008	0,015	0,015	0,008	0,001
10 Tage r ²	0,021	0,201 ⁺	0,064	0,130	0,236 ⁺	0,307*	0,086	0,005
m	-0,004	-0,013	-0,007	-0,014	0,012	0,013	0,013	0,001
20 Tage r ²	0,011	0,059	0,017	0,041	0,209 ⁺	0,150	0,122	0,061
m	0,004	-0,008	0,005	-0,014	0,014	0,015	0,020	0,005

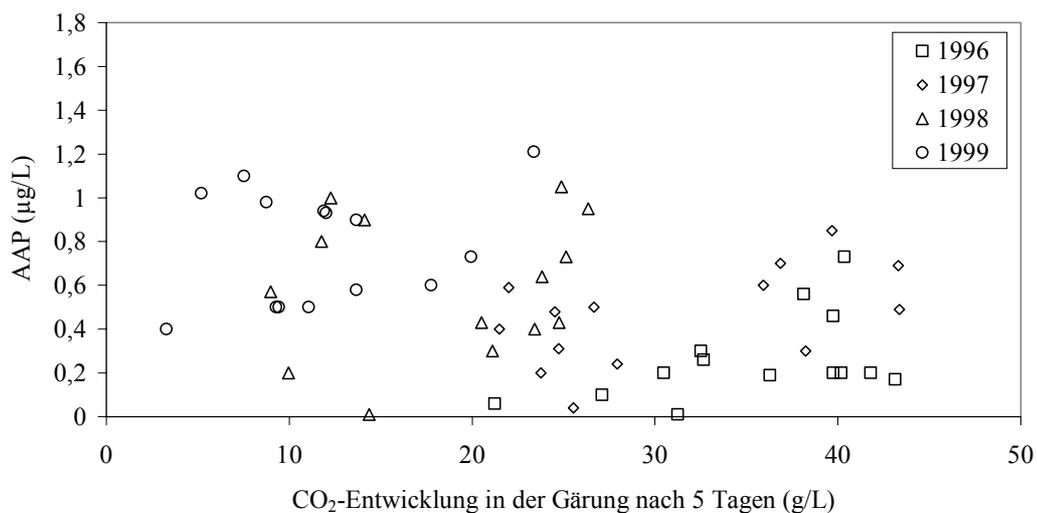


Abb. 70: Zusammenhang zwischen CO₂-Entwicklung bis zum 5. Gärtag und der resultierendem AAP-Konzentration im entsprechenden Wein.

4.8.6 Antioxidatives Potential

Die antioxidative Kapazität wasserlöslicher Stoffe (ACW) im Wein direkt nach der Gärung korrelierte negativ mit dem später gebildeten AAP. Der r^2 -Wert lag aber 1998 wie auch 1999 mit 0,09 relativ niedrig. Auf beide Jahre bezogen wurde ein r^2 von 0,15 erreicht. Die lipidlösliche antioxidative Kapazität (ACL) korrelierte 1998 mit $r^2 = 0,17$ negativ mit der gebildeten AAP-Konzentration. 1999 fand sich kein Zusammenhang. Die unterschiedlichen AAP-Werte innerhalb der Varianten können nicht mit den Antioxidantien erklärt werden. Lediglich in der hochgedüngten Variante von 1999 fand sich aufgrund des Ausreißers (1,2 μg AAP/L bei niedrigem antioxidativem Potential) eine deutlich negative Korrelation zwischen ACW und AAP im Wein. Über beide Jahre korrelierten ACL mit $r^2 = 0,11$. ACW und ACL-Wert korrelierten miteinander. Innerhalb der einzelnen Jahre lag das Bestimmtheitsmaß bei 0,5, auf beide Jahre bezogen bei 0,6. Eine **zweifaktorielle Regression** mit dem antioxidativen Potential und der freien IES als unabhängigen Variablen ergab nur ein geringfügig höheres Bestimmtheitsmaß (um ein Prozentpunkt).

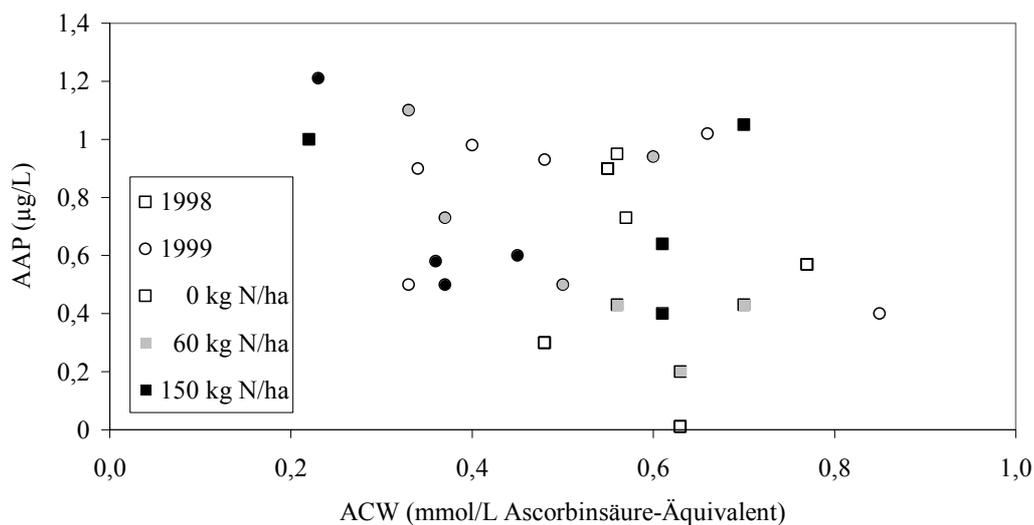


Abb. 71: Zusammenhang zwischen wasserlöslichen Antioxidantien (Ascorbinsäure-Äquivalent) und der resultierenden AAP-Konzentration im entsprechenden Wein.

4.8.7 Weitere Parameter

Von den **S-haltigen Aromastoffen** korrelierte 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on hochsignifikant mit AAP. Über alle Jahre hinweg lag das Bestimmtheitsmaß bei 0,24; die Jahrgänge 1996, 1998 und 1999 wiesen aber keine Beziehung zwischen diesen beiden Stoffe auf. In den übrigen Jahren war die Korrelation signifikant positiv mit r^2 von 0,47 (1994) bis 0,89 (1995). Die übrigen S-Aromen zeigten deutlich geringere Korrelationen zu AAP. Ethyl-3-thiomethylpropionat korrelierte negativ mit hochsignifikantem Bestimmtheitsmaß von 0,14. Methylthioacetat sowie Methylpropylacetat wiesen zwar noch signifikante Korrelationen zu AAP auf, neben niedrigem Bestimmtheitsmaß (0,05) wurden diese

beiden Aromen aber nur in 10% der untersuchten Weine gefunden. Methionol und Methional zeigten mit $r^2 = 0,02$ bzw. $0,01$ keinen Zusammenhang zu AAP.

Die **Mineralstoffe** N, P, K und Mg **im Most** korrelierten auf alle Jahre bezogen signifikant mit AAP im Wein. Einzig die Korrelation mit K war positiv mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,1. Ansonsten lag r^2 zwischen 0,06 (N) und 0,14 (Mg). Innerhalb der Jahre konnte die AAP-Streuung mit den Nährstoffen N und P am besten erklärt werden. 1999 wurde in beiden Fällen kein Zusammenhang gefunden. Ansonsten lag das Bestimmtheitsmaß bei N zwischen 0,06 (1998) und 0,48 (1994) bzw. zwischen 0,09 (1998) und 0,17 (1997). Entgegen dem Gesamtdatensatz wies die Regression zwischen N und AAP innerhalb der Jahre einen positiven Zusammenhang auf. Ca und Na, sowie die Mikronährstoffe (Fe, Zn, Mn, Cu) korrelierten nicht mit AAP. Die Ergebnisse der Mineralstoffe **im Wein** ähneln denen im Most. N, P und Mg wiesen bei negativem Regressionskoeffizienten signifikante Korrelationen bezogen auf alle Jahre auf. Mit K im Wein fand sich kein Zusammenhang. Auch innerhalb der Jahre lagen die Verhältnisse bei diesen Mineralstoffen ähnlich denen zum Most. Es fand sich im Wein aber eine signifikant positive Korrelation mit Fe ($r^2 = 0,19$) und Mn ($r^2 = 0,1$). Das Bestimmtheitsmaß innerhalb der Jahre war bei Fe allerdings nur 1998 und 1999 über 0,10. Mit Mn fanden sich die stärksten Korrelationen in den Jahren 1998 ($r^2 = 0,2$), 1996 ($r^2 = 0,28$), 1995 ($r^2 = 0,5$), ohne jedoch signifikant zu sein.

Bei den Mineralstoffen **im Holz** fand sich eine signifikant negative Korrelation zwischen P und AAP im Wein ($r^2 = 0,13$). Innerhalb der Jahre war die Korrelation mit N im Holz am stärksten mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,17 (1997) - 0,52 (1996), wobei 1998 und 1999 kein Zusammenhang gefunden wurde. Das Bestimmtheitsmaß bei P lag lediglich 1998 und 1994 über 0,1. Alle anderen untersuchten Mineralstoffe wiesen keine Korrelation zu AAP auf.

Von den Mineralstoffen **im Blatt** korrelierten vor allem die Makronährstoffe N, P, Mg und Ca mit AAP im Wein. Auf alle Jahre bezogen fand sich bei N ein Bestimmtheitsmaß von 0,1 (zur Blüte) bzw. 0,24 (zur Lese). Entgegen den Ergebnissen von N im Most und Wein war diese Korrelation positiv. Innerhalb der Jahre fanden sich die stärksten (positiven) Zusammenhänge ebenfalls zum Zeitpunkt der Lese, wobei 1995 und 1998 das Bestimmtheitsmaß bei 0,05 lag, in den übrigen Jahren lag es zwischen 0,14 (1997) und 0,44 (1994). P im Blatt korrelierte zu allen Probetermenen etwa gleich stark ($r^2 = 0,07$ - $0,09$). Innerhalb der Jahre korrelierte der Probetetermin zur Lese etwas stärker mit r^2 von 0,1 (1996) bis 0,36 (1997). Mg wies auf alle Jahre bezogen ein Bestimmtheitsmaß von 0,14 (unabhängig vom Probenahmetetermin) auf, es war nur zu Reifebeginn in mehr als drei Jahren ein r^2 über 0,1 zu finden. K zeigte keinen Zusammenhang mit AAP, Ca korrelierte nur auf alle Jahre bezogen ($r^2 = 0,17$), in den einzelnen Jahren fand sich ebenfalls kein Zusammenhang. Von den Mikronährstoffen fand sich lediglich bei Mn eine nennenswerte Korrelation zu AAP. Das Bestimmtheitsmaß nahm mit dem Blattalter zu (Blüte: 0,04; Reife: 0,08; Lese: 0,09) und war zur Reife signifikant, zur Lese hochsignifikant positiv. Innerhalb der Jahre konnte nur bei den ersten beiden Probenahmetermenen in mehr als der Hälfte der Jahre ein r^2 über 0,1 festgestellt werden. Der Blatt-**Chlorophyllgehalt**, gemessen mit dem N-Tester, korrelierte nicht mit AAP, die **Bodengehalte** an Humus, CO₂, P, K und Mg ebensowenig.

4.9 Zusammenhang zwischen UTA und verschiedenen Meßparametern

4.9.1 Zusammenhang zwischen AAP und UTA

Erwartungsgemäß wurden die Weine mit zunehmender AAP-Konzentration als stärker mit UTA behaftet beschrieben. Dieser Zusammenhang war hoch signifikant, konnte aber dennoch lediglich 30% der sensorischen UTA-Note erklären. 1996 fand sich keine Korrelation zwischen AAP und UTA. In diesem Jahr lag die höchste AAP-Konzentration allerdings auch nur bei 0,73 µg/L, alle anderen Werte lagen sogar unter 0,6 µg/L. Damit war die Geruchsschwelle bei vielen Weinen sicher nicht erreicht worden. 1997 war der Zusammenhang zwischen AAP und UTA bei ähnlich niedrigen AAP-Konzentrationen deutlich ausgeprägter als 1996. Mit der AAP-Konzentration ließen sich 10% der sensorischen UTA-Empfindung erklären. Insbesondere fallen die höheren UTA-Noten bei gleicher AAP-Konzentration im Vergleich zu 1996 auf, was sich in der höher und steiler verlaufenden Regressionsgerade niederschlägt. 1998 und 1999 fanden sich AAP-Konzentrationen über 1 µg/L, dementsprechend fielen auch deutlich höhere UTA-Noten an. Die Korrelation zwischen AAP und UTA war in diesen beiden Jahren mit r^2 von 0,22 bzw. 0,30 am höchsten. Die Regressionsgerade von 1998 liegt wiederum unter der Gerade von 1997 und vor allem auch von 1999, bei gleichen AAP-Konzentrationen wurden die Weine aus 1998 als weniger UTA-behaftet beurteilt.

Betrachtet man die Düngevarianten unabhängig von den Jahrgängen, dann fand man einen leichten Anstieg der mittleren AAP-Konzentration von 0,4 µg/L in der Nullvariante auf 0,5 bzw. 0,6 µg/L in der 60 bzw. 150 kg N/ha-Variante. Bei gleicher Spannbreite der Messwerte variierten die AAP-Konzentrationen damit von 0-1 µg/L (0 kg N/ha), 0,1-1,1 µg/L (60 kg N/ha) und 0,2-1,2 µg/L (150 kg N/ha). Die höchsten AAP-Konzentrationen wurden in der 60 kg N/ha-Variante (1,26 µg/L) und der 150 kg N/ha-Variante (1,67 µg/L) im Jahrgang 1994 gemessen, der nicht einzeln verkostet wurde. Die Korrelation zwischen AAP-Konzentration und sensorischem UTA nahm bei höherer N-Düngung ab. In der Nullvariante wurden noch absicherbar 30% der UTA-Note mit der AAP-Konzentration erklärt, in den gedüngten Varianten lagen diese Erklärungsanteile nicht absicherbar bei 18% (60 kg N/ha) bzw. 13% (150 kg N/ha). Bei der linearen Regression lag die Nullvariante im sensorisch relevanten Bereich ($>0,6$ µg/L) um eine (60 kg N/ha) bzw. zwei (150 kg N/ha) UTA-Noten tiefer im Vergleich zu Weinen der gedüngten Varianten mit gleich hohen AAP-Konzentrationen. Auch innerhalb der Jahre fand sich dieser Düngungseffekt: In Weinen des 1997er Jahrgangs wurden mit 0,6 µg AAP/L in der Nullvariante als frei von UTA bewertet (UTA-Note < 1), die gedüngten Varianten waren bei gleicher Konzentration mit über 4 Punkten deutlich mit UTA behaftet. 1998 wiesen bei diesen Konzentrationen nur die Weine der hoch gedüngten Varianten UTA auf. Im 1999er wurde dies im unteren Konzentrationsbereich nicht festgestellt, dagegen fand sich dieser Effekt bei höheren AAP-Werten ($> 0,9$ µg/L). 1996, bei allgemein niedrigen AAP-Konzentrationen, fand sich dieser Düngeeffekt nicht.

Bei der Einteilung der UTA-Bewertung in vier Klassen (keine - geringe, -mittlere, -starke, -sehr starke UTA) entsprechen UTA-Noten unter 2,5 einem unauffälligen Wein. Demnach wurden Weine mit AAP-Konzentrationen bis zu 0,7 µg/L 16 mal als mit UTA behaftet angesehen (Attribut-Stärke $> 2,5$). Von diesen Weinen stammten je sieben aus den gedüngten Varianten aber lediglich zwei aus der Nullvariante. Diese zwei Weine stammen

aus den Jahrgängen 1997 bzw. 1999. Umgekehrt fanden sich vier Weine mit höheren AAP-Konzentrationen als $0,7 \mu\text{g/L}$, die nicht mit UTA belastet waren: Aus dem 1998er Jahrgang je ein Wein pro Düngevariante und aus dem 1996er ein Wein aus der 150 kg N/ha -Variante. Mehr als $0,7 \mu\text{g AAP/L}$ und mit UTA behaftet waren acht Weine: fünf aus 1999 (alle Düngegestufen), zwei aus 1997 und ein Wein aus 1998 aus der 150 kg N/ha -Variante.

Dennoch bleibt eine enorme Varianz auch innerhalb der Düngevariante eines Jahrgangs festzustellen: 1998 wurde in der 150 kg N/ha ein Wein mit $1 \mu\text{g AAP/L}$ mit der UTA-Note 7 bewertet, ein anderer Wein mit $1,05 \mu\text{g AAP/L}$ bekam lediglich die UTA-Note 2,5. 1997 bekamen zwei Weine aus der 150 kg N/ha -Variante bei $0,3$ bzw. $0,6 \mu\text{g AAP/L}$ jeweils eine UTA-Note über 5,5, ein weiterer Wein mit $0,69 \mu\text{g AAP/L}$ bekam die UTA-Bewertung 2,25.

Tab. 95: Kenndaten der Regressionsanalyse (r^2 sowie Koeffizienten m und b) mit AAP ($\mu\text{g/L}$) als unabhängige Variablen und dem sensorischen UTA-Wert (0-10 Pkte.) als abhängige Variable. (Signifikanzniveau α : + = 10%, * = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%).

	1996-1999	0 kg N/ha	60 kg N/ha	150 kg N/ha	1996	1997	1998	1999
r^2	0,297***	0,289*	0,181	0,129	0,004	0,128	0,224 ⁺	0,296*
m	3,367	1,953	2,316	2,317	0,332	2,768	2,924	3,766
b	1,19	1,066	1,734	2,445	1,648	2,013	0,815	1,027

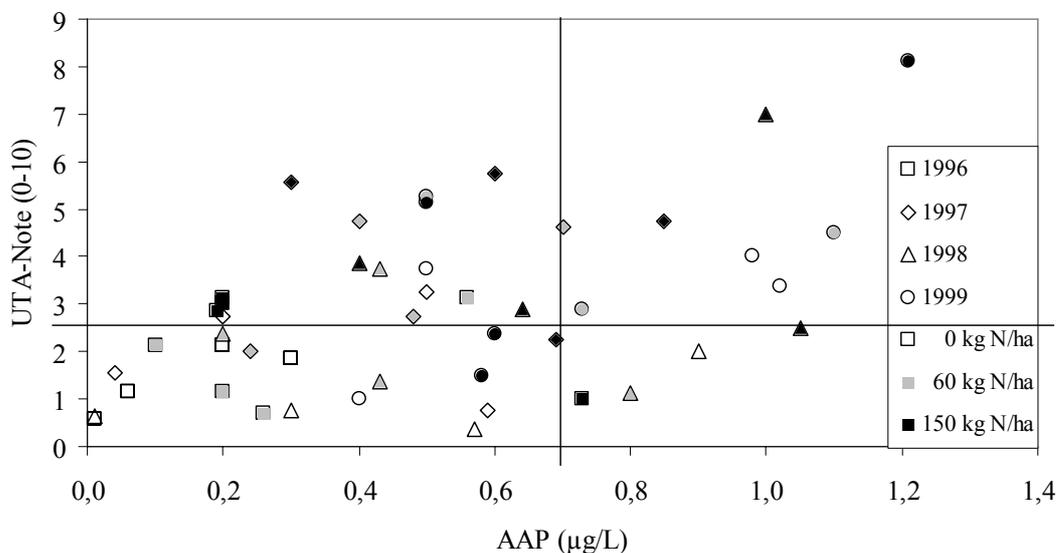


Abb. 72: Zusammenhang zwischen AAP im Wein und der sensorischen UTA-Note in den Jahren 1996-1999 und den N-Düngegestufen 0, 60, 150 kg N/ha .

4.9.2 Ertrag, Mostgewicht und Mostsäure

Die Höhe des Ertrags korrelierte positiv mit dem UTA. Einzelwerte standen hierzu nur in drei Jahrgängen zur Verfügung. In diesen Jahren zusammengenommen hatte der Traubenertrag einen Erklärungsanteil von 10% , was sich absichern ließ. Die Weine 1996 waren in ihrer UTA-Note völlig unbeeinflusst vom Ertrag. 1997 war der Einfluß des Ertrags etwas stärker. Vor allem 1998 waren die Zusammenhänge dagegen sehr deutlich ($r^2 = 0,34$). In Abb. 73 läßt sich aber auch erkennen, daß der Ertrag insbesondere in den Jahren 1997 und 1998 mit zunehmender N-Düngung angestiegen war. Betrachtet man die Düngevarianten einzeln unabhängig von den Jahrgängen, so fand sich in der hochgedüngten Variante keine Korrelation zwischen Ertrag und UTA. In den übrigen Varianten (0 und 60 kg N/ha) lag der Erklärungsanteil bei über 20%. Diese relativ hohe Abhängigkeit des sensorischen UTA-Eindrucks vom Ertragsniveau beruht auf den niedrigeren UTA-Intensitäten in Jahren mit niedrigerem Ertrag. Dies war in der hochgedüngten Variante nicht der Fall, der UTA war auch bei niedrigem Ertrag hoch. Die große Varianz des UTA innerhalb der Düngevarianten eines Jahres läßt sich dagegen nicht mit den Ertragsunterschieden erklären.

Tab. 96: Kenndaten der Regressionsanalyse (r^2 und Regressionskoeffizient m) mit Ertrag (kg/ar), Mostgewicht MG ($^{\circ}$ Oe) und Mostsäure (g/L) als unabhängige Variablen und den sensorischen UTA-Wert als abhängige Variable. (Signifikanzniveau α : + = 10%, * = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%).

	1996-1999	0 kg N/ha	60 kg N/ha	150 kg N/ha	1996	1997	1998	1999	
Ertrag	r^2	0,109*	0,213	0,251	0,056	0,014	0,067	0,341*	-
	m	0,017	0,016	0,021	0,013	0,009	0,024	0,090	-
MG	r^2	0,057 ⁺	0,166	0,164	0,003	0,026	0,010	0,264 ⁺	0,151
	m	-0,144	-0,144	-0,168	0,046	-0,058	-0,061	-0,413	0,408
Säure	r^2	0,205***	0,131	0,222 ⁺	0,091	0,004	0,001	0,025	0,126
	m	-0,678	-0,319	-0,586	-0,497	0,096	0,068	-0,589	-2,330

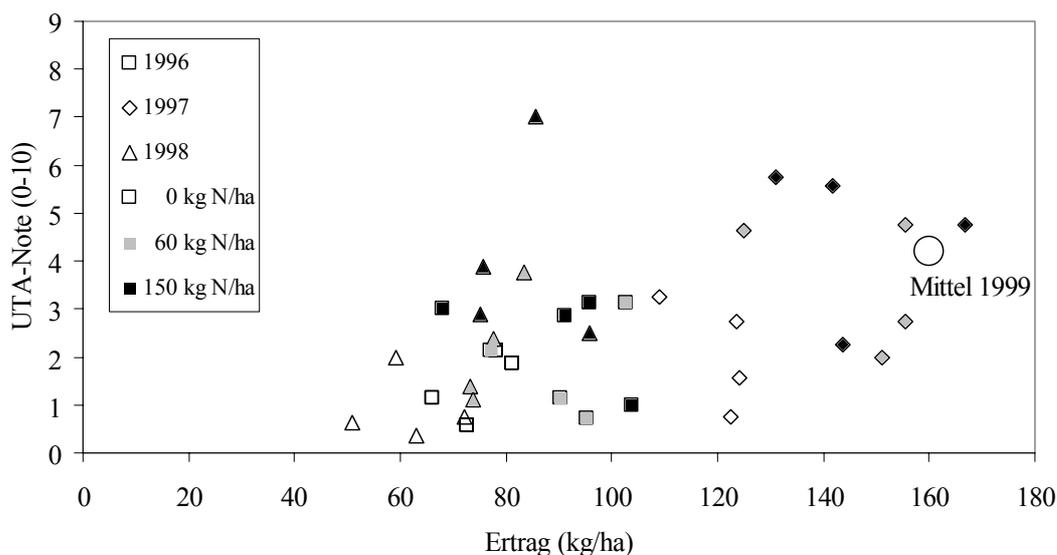


Abb. 73: Zusammenhang zwischen Ertragsniveau und der sensorischen UTA-Note in den Jahren 1996-1998 und den N-Düngestufen 0, 60, 150 kg N/ha. Jahrgang 1999 ohne Ertragsbestimmung.

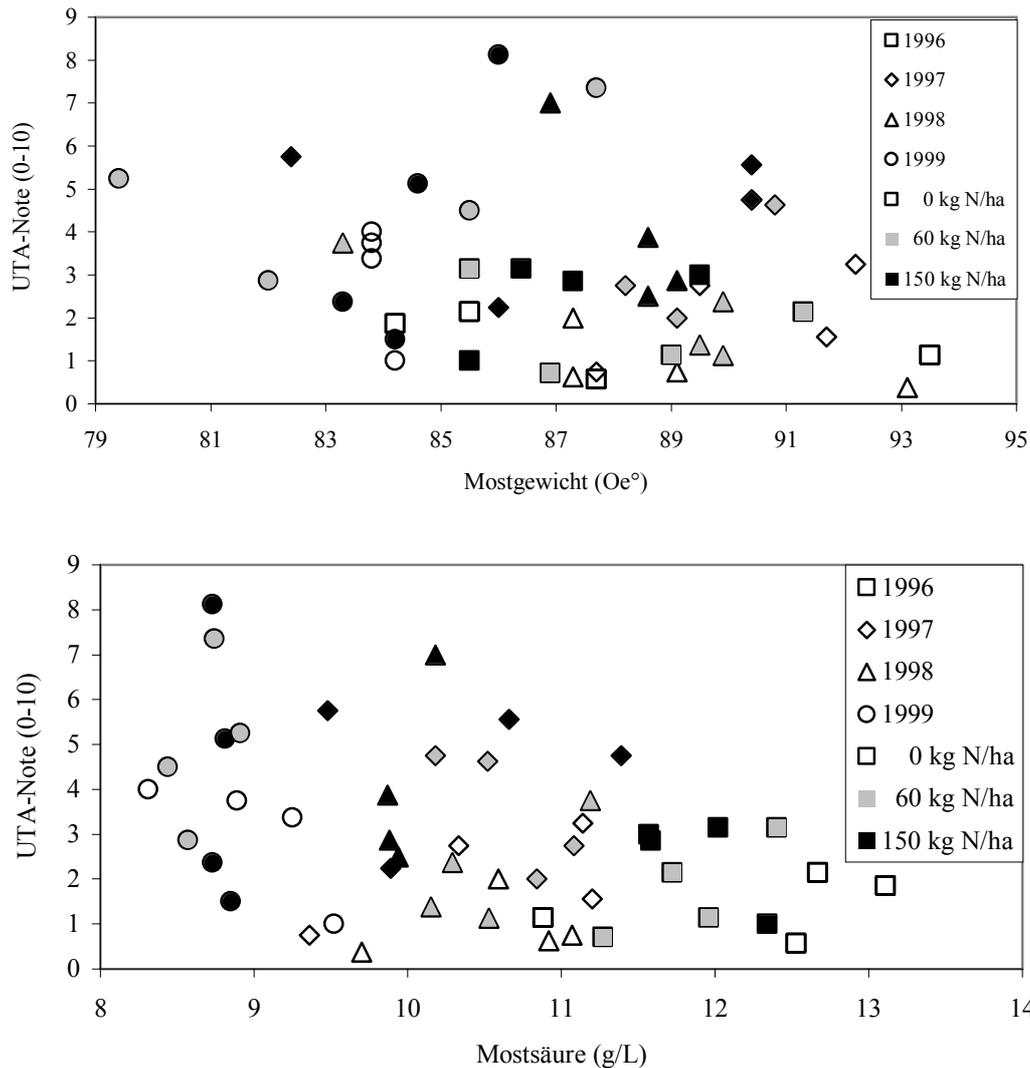


Abb. 74: Zusammenhang zwischen Mustgewicht bzw. Mostsäure und der sensorischen UTA-Note in den Jahren 1996-1999 und den N-Düngestufen 0, 60, 150 kg N/ha.

Mit zunehmenden Mustgewichten fanden sich in den verkosteten Weinen tendenziell geringere UTA-Intensitäten. Der Zusammenhang war bei $r^2 = 0,06$ mit einem Signifikanzniveau von 8% absicherbar. Innerhalb der Jahre waren nur 1998 und 1999 vergleichsweise starke Korrelationen zu finden. Dabei nahmen 1998 die UTA-Noten mit zunehmendem Mustgewicht eher ab ($r^2 = 0,26$), während sie 1999 zunahmen ($r^2 = 0,15$). Innerhalb der Düngevarianten fanden sich tendenzielle Zusammenhänge wiederum nur in den 0 und 60 kg N/ha-Varianten. Diese Weine profitierten eher durch höhere Mustgewichte mit niedrigerer UTA-Belastung.

Die Mostsäure korrelierte höchst signifikant mit $r^2 = 0,2$ mit der UTA-Sensorik. Höhere Säurewerte der Moste resultierten in geringeren UTA-Intensitäten der Weine. Innerhalb der Jahrgänge fanden sich allerdings keine Zusammenhänge. Die gute Korrelation der Mostsäure beruhte damit vor allem auf dem Jahrgangseffekt, da die hohen Säurewerte 1996 mit niedriger UTA-Belastung einhergingen und 1999 entsprechend umgekehrte Verhältnisse herrschten. Davon profitierten die Weine aus der hochgedüngten Variante etwas weniger ($r^2 = 0,09$) als die anderen Weine mit nicht signifikanten r^2 von 0,13 in der Nullvariante und 0,22 in der 60 kg N/ha-Variante.

4.9.3 Arginin und Prolin

Die Prolinkonzentration im Most korrelierte negativ mit dem gefundenen UTA-Wert im gereiften Wein. Dieser Effekt beruhte auf den Jahrgangsunterschieden, innerhalb der Jahre bestand zwischen Pro und UTA kein Zusammenhang. Arginin korrelierte dagegen auf alle Jahre bezogen nicht mit der UTA-Note, dagegen war 1996 und 1997 eine signifikant positive Korrelation festzustellen.

Tab. 97: Kenndaten der Regressionsanalyse (r^2 und Regressionskoeffizient m) mit Arg und Pro im Most (mg N/L) als unabhängigen Variablen und dem sensorischen UTA-Wert als abhängiger Variable. (Signifikanzniveau α : + = 10%, * = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%).

		1996-1999	0 kg N/ha	60 kg N/ha	150 kg N/ha	1996	1997	1998	1999
Arg	r^2	0,058	0,131	0,567***	0,039	0,062	0,408*	0,589**	0,047
	m	-0,005	-0,040	-0,015	-0,004	0,005	0,031	0,039	-0,025
Pro	r^2	0,184**	0,341*	0,659***	0,038	0,053	0,077	0,099	0,042
	m	-0,046	-0,100	-0,080	-0,028	-0,022	0,100	-0,087	-0,070

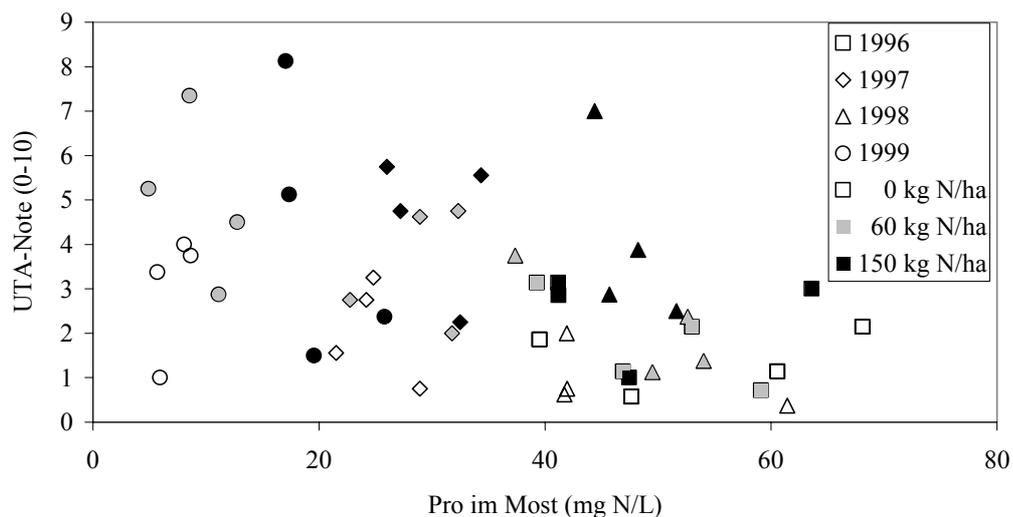


Abb. 75: Zusammenhang zwischen Pro im Most (mg N/L) und der sensorischen UTA-Note (0-10) in den Jahren 1998-1999 und den N-Düngestufen 0, 60, 150 kg N/ha.

4.9.4 Antioxidatives Potential

1998 fand sich zwischen dem ACW-Wert und UTA eine starke negative Korrelation mit $r^2 = 0,54$. 1999 lag dagegen r^2 nur bei 0,13 (Ohne den Ausreißer in der 60 kg N/ha-Variante: $r^2 = 0,33$). Auf beide Jahre bezogen betrug das Bestimmtheitsmaß 0,34. In nahezu allen Varianten der beiden Jahre fand sich eine negative Korrelation. Einzige Ausnahme stellte die 60 kg N/ha-Variante 1999 dar. Hier fand sich eine zunehmende AAP-Konzentration bei zunehmendem antioxidativen Potential. Die negative Korrelation zwischen dem lipidlöslichen Antioxidantien (ACL) und UTA im Wein war sogar etwas stärker mit $r^2 = 0,67$ (1998) bzw. 0,14 (1999).

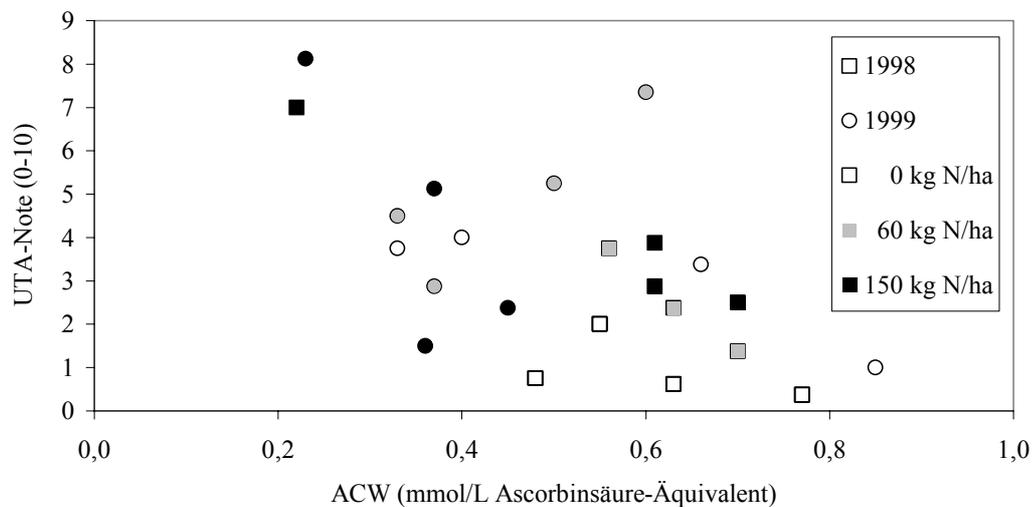


Abb. 76: Zusammenhang zwischen dem antioxidativen Potential der wasserlöslichen Stoffe (ACW in Ascorbinsäureäquivalent mg/L) und der sensorischen UTA-Note in den Jahren 1998-1999 und den N-Düngestufen 0, 60, 150 kg N/ha.

4.9.5 S-Aromen

Die S-Komponenten standen nicht in direktem Zusammenhang mit der UTA-Note. Das Bestimmtheitsmaß lag bei 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on mit 0,08 am höchsten, gefolgt von Methylthioacetat (0,06), in beiden Fällen wurden diese Stoffe aber in vielen Proben nicht gefunden, nur im Fall von 2-Methyltetrahydrothiophen-3-on konnte die Korrelation statistisch abgesichert werden. Methional korrelierte nicht mit UTA ($r^2 < 0,01$), bei Methionol fand sich bei positivem Korrelationskoeffizienten ein r^2 von 0,04. Alle übrigen Aromen lagen im Bestimmtheitsmaß darunter. Eine **zweifaktorielle Regression** der schwefelhaltigen Komponenten zusätzlich zur AAP-Konzentration ergab gegenüber der einfaktoriellen Regression mit AAP als einziger unabhängiger Variablen ein nur geringfügig höheres Bestimmtheitsmaß. Ethylthioacetat und Methionol konnten zusätzlich zum AAP lediglich zwei Prozent der UTA-Note erklären. Alle anderen S-Komponenten wiesen ein niedrigeres Bestimmtheitsmaß auf.

5 Diskussion

5.1 Stickstoffversorgung und Wasserhaushalt

Die Stickstoffversorgung der Reben im Jahresverlauf beruht auf dem Zusammenspiel mehrerer Faktoren. Auf der Angebotsseite sind dies der N-Eintrag, die Mineralisation aus dem Humus und die mineralische Düngung. Ein Teil des Stickstoffs wird aber von der Begrünung genutzt, ein anderer steht der Rebe aufgrund von Auswaschung bzw. Denitrifikation nicht zur Verfügung. Der Entzug durch die Rebe hängt von der generativen Leistung (Traubenertrag) ab; der Bedarf ist aber auch von der vegetativen Leistung und dem phänologischen Stadium abhängig. Entscheidend für die Stickstoffversorgung sind dabei die Bodenfeuchteverhältnisse, die neben der Mineralisation vor allem die Aufnahme mitbestimmen.

Der N-Eintrag durch Niederschläge liegt bei ca. 10 kg N/ha (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998) bis 20 kg N/ha (KUNTZE et al. 1994). Die jährliche Mineralisationsrate liegt je nach Bodenbearbeitung bei 1-5% (KUNTZE et al. 1994). SCHALLER (2000) geht in gemäßigt humidem Klima von 0,5-1% aus, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1998) dagegen von 2%. Damit werden pro Jahr entsprechend dem N-Gehalt im Oberboden von 3080 kg N/ha bei 1% Mineralisation ca. 30 kg N/ha pflanzenverfügbarer Stickstoff frei. BERTHOLD (1992, unveröffentlicht) fand bei einem Bebrütungsversuch (10°C) im Boden aus der Nullvariante eine N-Nachlieferung von täglich 0,04 mg N/kg Boden, in der 60 kg N/ha-Variante stellte er 0,05 mg N pro kg Boden und Tag fest. Hierbei waren aber auch die Gesamt-N-Gehalte im Boden der Nullvariante entsprechend niedriger. Auf die Vegetationsperiode hochgerechnet würden folglich –durchschnittlich 10°C Bodentemperatur unterstellt - ca. 40 bzw. 50 kg N/ha frei.

Der durchschnittliche Humusgehalt von 1,4% (Tab. 1) wird für Rebflächen als zu niedrig angesehen. Für die Vermeidung von UTA sollte ein Humusgehalt von ca. 2,5% angestrebt werden (MÜLLER 2002). Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß die Bodenprobenahme in den offen gehaltenen Zeilen erfolgte. Die Humusgehalte in den begrüneten Zeilen lagen mit durchschnittlich 2,5% wesentlich höher, wobei sich kein Unterschied zwischen den Varianten fand (HAMM 1997). Da sich der Humus in den offenen Reihen von 1989 bis 1999 eher auf- als abgebaut hat (Abb. 2), fand in den begrüneten Reihen ein deutlicher Humusaufbau statt. Dies beruht neben der Begrünung darauf, daß das Schnittholz (und die Gipfelmasse) nur in die begrüneten Reihen eingebracht wurde.

Die Rebe steht mit der Begrünung in Konkurrenz hinsichtlich des N-Angebots (PERRET 1993, FOX 1996). Die Zusammensetzung der Begrünung in dem vorliegenden Versuch hat sich allerdings infolge der langjährigen unterschiedlichen N-Düngung in den Varianten diversifiziert. In der Nullvariante fanden sich vor allem Gräser und Klee, während sich bei N-Düngung mit einer 2-4 mal so hohen Biomasseproduktion hohe Anteile an Kräutern fanden (LINSENMEIER et al. 1996). Mit zunehmender N-Düngung stieg der N-Gehalt in der Begrünung, so daß in der Nullvariante 5 kg N/ha, in der 150 kg N/ha-Variante dagegen 20 kg N/ha festgesetzt wurden. In der Wurzelmasse wird im Vergleich zu den oberirdischen Pflanzenorganen zusätzlich das Zwei- bis Vierfache an Stickstoff festgelegt (HAHN et al. 1979). Da die Begrünung schon lange etabliert ist, kann davon ausgegangen

werden, daß sich ein Gleichgewicht zwischen Stickstoffaufnahme und -abgabe der Begrünung eingestellt hat. Die N-Aufnahme durch die Begrünung konkurriert mit dem Stickstoffaufnahmemaximum der Rebe, während die N-Abgabe durch Mineralisierung im Herbst von der Rebe nicht genutzt werden kann (FOX & RUPP 1990).

Hohe Verluste an N durch Volatisation treten insbesondere bei basischen Böden mit hoher Bodenfeuchte auf (MENGEL 1991); die potentielle Denitrifikation unter den hier vorliegenden Bedingungen liegt nach KUNTZE et al. (1994) bei 1,5-7 kg N/ha. Zur Lese waren in den hochgedüngten Varianten Nitratmengen von i.d.R. 70 kg N/ha, im Extremfall auch einmal 125 kg N/ha im Boden vorhanden (Abb. 4). Diese Mengen sind durch die Winterniederschläge natürlich sehr auswaschungsgefährdet. Die Tiefenbohrung bis 8 m zeigte, daß es auch tatsächlich zu einer Auswaschung kam (Abb. 5). Diese bisher aufgeführten Parameter zeigen, daß das Stickstoffangebot (auch innerhalb der Düngevarianten) nicht direkt an den kontinuierlichen N-Gaben von 0 bis 150 kg N/ha festgemacht werden kann. Als zusätzlicher Beurteilungsparameter der N-Versorgung dient der N_{\min} -Gehalt. Dieser ist zwar nicht unumstritten, da er nur eine Momentaufnahme des pflanzenverfügbaren Stickstoffs darstellt (ELLENBERG 1997), er eignet sich aber als guter Indikator, insbesondere durch die hier im Jahresverlauf ermittelten N_{\min} -Gehalte mit ergänzenden Informationen zum Boden (Humus, Wasser). Damit konnte gezeigt werden, daß besonders die beiden hochgedüngten Varianten in vielen Jahren im N-Angebot gleich hoch lagen, obwohl sie sich in der Düngung um 60 kg N unterschieden. Auch die mit jährlich 30 kg N/ha gedüngte Variante wies häufig ein höheres (und vor allem früheres) N-Angebot im Vergleich zur 60 kg N/ha-Variante auf (Abb. 4); das frühere Maximum erklärt sich mit der Düngung zum Austrieb der 30 kg N/ha-Variante entgegen dem Nachblütetermin für die 60 kg N/ha-Variante. Diese Verhältnisse fanden sich ebenfalls bei den N-Gehalten im Blatt (Tab. 15). Zum frühen Probenahmetermin lag die 30 kg N/ha-Variante über der mit 60 kg N/ha, die 90 kg N/ha-Variante über der mit 150 kg N/ha. In den Blättern zum Lesezeitpunkt war dies noch in mehr als der Hälfte der Fälle festzustellen. Die Konzentrationen an N im Holz (Tab. 14) und im Most (Abb. 14) nahmen dagegen mit zunehmender N-Düngung kontinuierlich zu.

Der Wasserhaushalt des Bodens am Versuchsstandort ist aufgrund seiner hohen maximalen nFK sehr günstig, zudem ist der Boden enorm tiefgründig (> 8 m). Nach der Einteilung im Weinbaustandortatlas (LÖHNERTZ et al. 2004) liegt die Versuchsfläche in der Klasse mit der höchsten maximal nFK (> 200 mm). In Flächen dieser Klasse kann in trockenen Jahren dennoch ein Wasserdefizit auftreten, insbesondere bei einer Dauerbegrünung. Die Häufigkeit, mit der ein Trockenstress in diesen Flächen auftritt, wird lt. Weinbaustandortatlas auf 10% der Jahre geschätzt. Nach eigenen Messungen beträgt die maximale nFK 280 mm (Tab. 1). Der permanente Welkepunkt (PWP) liegt bei 9 vol% im Oberboden. Entsprechend der Dichte des Bodens von 125 g/100 mL ergibt sich ein PWP von 7,2 Gew%. Die Bodenfeuchtwerte lagen erwartungsgemäß in den Jahren mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen am tiefsten (Abb. 6). 1994 und 1997 war demnach im Oberboden der PWP erreicht, 1996 war dies fast der Fall. Entsprechend der Niederschlagsverteilung lagen 1994 die geringsten Bodenwassergehalte in der Reifephase vor, 1997 wurden die niedrigsten Werte erst zur Lese gemessen (Tab. 6). Die ausbleibenden Sommer-Niederschläge im August 1998 führten nicht zu einem auffällig niedrigen Wasserhaushalt. In tieferen Bodenschichten war zumindest in den niederschlagsarmen Jahren 1996 und 1997 aber noch genügend Wasser vorhanden, so daß

aufgrund der Mächtigkeit und der guten Durchwurzelbarkeit des Bodens nicht von einem Wasserstress in diesem Versuch ausgegangen werden kann. Auch visuell zeigten sich keine Anzeichen von Wasserstress.

Die Düngevarianten wurden nicht isoliert auf ihren Bodenwassergehalt untersucht. Es kann damit auch keine gesicherte Aussage über einen unterschiedlichen Wasserhaushalt in den Varianten getroffen werden. Die randomisierte kleinparzellige Versuchsanordnung spricht gegen unterschiedliche Bodenfeuchten. Die dichtere Laubwand und der wesentlich stärkere Wuchs der Reben sowie der Begrünung in den gedüngten Varianten wirkten sich aber von der Tendenz her wasserzehrender aus als in der Nullvariante. Inwieweit dies von der Größenordnung her von Bedeutung ist, läßt sich schwer abschätzen. SEITER (2000) fand zur Blüte 1996-1997 signifikant niedrigere Bodenwassergehalte von 2-5 Gew.-Prozentpunkten bei moderater Bodenbearbeitung gegenüber den gemulchten Begrünungsvarianten. Zum Austrieb und zum Reifebeginn wurden keine Unterschiede gefunden. STEINBERG et al. (1992) stellten in begrünten Varianten im Rheingau in dem trockenen Jahr 1991 erhebliche Wasserdefizite mit durchschnittlich 50% geringeren nFK-Werten als in den offen gehaltenen Varianten fest. Beim Vergleich zwischen sehr starker Begrünung und schwacher Begrünung sind geringere Unterschiede zu erwarten. Da in dem vorliegenden Versuch nur jede zweite Zeile begrünt war, hatte die Rebe auf jeden Fall genügend Wasser aus der offenen Zeile zur Verfügung.

Die Stickstoffversorgung der Rebe kann nicht isoliert vom Wasserhaushalt betrachtet werden. Neben der Mineralisation wird auch die Aufnahme durch den Massenfluß von N zur Rebwurzel durch den Bodenwassergehalt beeinflusst (MARSCHNER 1993). Die reduzierten Bodenfeuchtwerte hätten damit, auch wenn sie keinen Wasserstress bei der Rebe bewirken, eine negative Auswirkung auf die N-Versorgung. Inwiefern sich diese Schlußfolgerung tatsächlich im vorliegenden Versuch bewahrheitet, kann mittels der N_{\min} -Methode nicht überprüft werden – hierin zeigt sich die oben erwähnte Schwäche dieser Bodenuntersuchung. Die Pflanzenuntersuchungen (Blatt, Holz, Trauben) liefern jedoch wertvolle zusätzliche Erkenntnisse über die Stickstoffversorgung der Rebe.

5.2 Vegetative und generative Leistung

Die ungedüngten Versuchspartellen waren schon visuell von den gedüngten Varianten zu unterscheiden. Der Schnittholzertrag war in den Kontrollpartellen niedriger, die Triebe dünner, die Blätter waren kleiner und heller (Tab. 10-12). Der niedrigere Holzertrag bei unterlassener N-Düngung wurde in diesem Versuch schon von PRIOR (1997) erwähnt. Auch bei anderen langjährigen Versuchen wurde dieser Einfluß der N-Düngung auf das Schnittholzgewicht festgestellt (MÜLLER 1986a, 1986b, KANNENBERG 1992). Ein optimaler Wert für das Schnittholzgewicht von Riesling liegt bei 23 dt/ha (STEINBERG 1998), damit lag die ungedüngte Variante zu niedrig. Der Holzertrag lag allerdings im Winter 1998/99 sogar in allen Varianten unter dieser Grenze.

Die kleinere Blattfläche sowie die hellere Blattfarbe in den Nullvarianten wurden auf dieser Versuchsfläche schon 1993, damals allerdings rein visuell, festgestellt (PRIOR 1997). Geringere Laubwanddichte bei unterlassener N-Düngung wurde ebenfalls von MÜLLER (1986b) und BELL (1991) beobachtet. Zunehmende N-Tester-Werte sowie

damit einhergehende visuell dunklere Blätter mit zunehmender N-Versorgung wurden von SEITER (2000) in einem dreijährigen Versuch gefunden. Allerdings trat dieser Effekt lediglich bei niedrigem Humusgehalt im Boden auf. Dies zeigt, daß in dem vorliegenden Versuch die Differenzierung im Wuchs erst durch die langjährig unterschiedliche N-Düngung erfolgte. Die helleren Blätter (in dem vorliegenden Versuch) weisen einen niedrigeren Chlorophyllgehalt und eine niedrigere Photosyntheserate auf (HAMBACH & LOOSEN 1992, GRUBER 1998, EHRLICH 1999). Des weiteren korreliert der N-Tester-Wert (bei Stickstoffsteigerungsversuchen) mit dem N-Gehalt der Blätter. Dies wird durch die Ergebnisse von SEITER (2000) bestätigt. FOX & RUPP (1998) fanden zudem enge Korrelationen zwischen dem mit dem N-Tester gemessenen Chlorophyllgehalt der Blätter und dem Wuchsverhalten der Reben.

Der Traubenertrag variierte stark in Abhängigkeit vom Jahrgang (Tab. 22). Über 80% der Varianz in der Ertragshöhe waren auf Jahrgangsunterschiede zurückzuführen (Tab. 21). Demgegenüber trat der Einfluß der Düngung sehr zurück. Es kann insgesamt aber ein um 15% niedrigerer Ertrag der ungedüngten Variante gegenüber den gedüngten Varianten festgestellt werden. Dabei fand sich in einem von fünf Jahren entgegen dem Trend in der Nullvariante die höchste Ertragsleistung. In der Literatur wird der Einfluß der N-Düngung auf das Ertragsverhalten unterschiedlich beschrieben. GÄRTEL (1966), EWART & KLIEWER (1997), KANNENBERG (1992, 1993b), SCHWAB (1998), MAIGRE (1998) und BÖS (1999) berichten von eindeutigen Ertragssteigerungen. SEITER (2000) fand bei einem Stickstoffsteigerungsversuch nur auf humusarmem Standort höhere Erträge (ab dem zweiten Jahr sogar um das Dreifache), bei humusreichem Boden wurden keine Unterschiede festgestellt. MÜLLER (1982, 1986b), FOX (1990) sowie SCHALLER & LÖHNERTZ (1985) fanden keinen Einfluß der Stickstoffdüngung. CONRADIE & SAAYMANN (1989) konnten nur eine geringe Ertragssteigerung selbst bei langjähriger N-Düngung feststellen.

5.3 Inhaltsstoffe in Blatt und Holz

Neben der ausgebildeten Blattfläche veränderte sich auch die Einlagerung von Mineralstoffen in die Blätter je nach Stickstoffversorgung. Naturgemäß spielt der Stickstoff dabei eine vorherrschende Rolle. Die Blattanalyse ist aus diesen Gründen ein klassisches Hilfsmittel zur Bewertung der Stickstoffversorgung (BALÓ et al. 1975, MÜLLER & BUCHER 1981, SCHALLER & LÖHNERTZ 1985). Die Angaben zur N-Konzentration in Blättern zur Blüte bei optimal mit N versorgten Reben reichen von 2,3% (VANEK 1978, BERGMANN 1993) über 2,5% (MICHEL et al. 1998) bis zu 2,7% (BALÓ et al. 1975). In diesem Versuch wurde zur Blüte in allen Jahren außer 1995 selbst von der Nullvariante 2,6-2,8% N im Blatt erreicht (Tab. 15). Da diese Variante auf jeden Fall als nicht optimal versorgt angesprochen werden muß, müßte man unter Rheingauer Verhältnissen von höheren Werten für das Optimum ausgehen. Die Bestimmung des Optimums wurde in früheren Jahren allerdings sehr stark am Ertragsniveau festgemacht; dies ist angesichts der qualitätsorientierten Weinproduktion sicherlich nicht mehr aktuell.

Das Ausreißerjahr 1995 mit N-Konzentrationen im Blatt von im Mittel unter 2,5% selbst in der mit 150 kg N/ha gedüngten Variante zeigt, daß eine sichere Diagnose der Stickstoffversorgung schwierig ist. Für einen direkten Vergleich verschiedener Varianten

sind die N-Konzentrationen im Blatt dagegen gut geeignet. Den Blattstickstoffwerten zufolge war die 30 kg N/ha-Variante in der Hälfte der Versuchsjahre zur Blüte besser mit N versorgt als die 60 kg N/ha-Variante; die 90 kg N/ha-Variante sogar in allen Jahren besser als die 150 kg N/ha-Variante. Dies entspricht auch den im Boden gefundenen N_{\min} -Werten (Abb. 4). Mit zunehmendem Blattalter nahm dieses Phänomen etwas ab. Auch die Mineralstoffe P, K, Mg und Cu zeigten eine Abhängigkeit von der N-Düngung (Tab 16-19). Während Mg wie N mit höheren Blattkonzentrationen bei zunehmender N-Düngung reagierte, fanden sich bei P, K und Cu die höchsten Konzentrationen in der Nullvariante. Besonders frappierend reagierte die P-Einlagerung; hier war der Jahrgangseinfluß stark zurückgedrängt; die P-Konzentrationen können statistisch sehr gut durch die N-Düngung erklärt werden. Wiederum fand sich ein Ausreißerjahr (1998) mit unterdurchschnittlich niedrigen P-Konzentrationen, somit ist eine durchgängige Grenze zur Beurteilung der Stickstoffversorgung nicht gegeben. In den anderen Jahren lagen die Werte in den Nullparzellen über 0,3 mg/L. Die N- und AS-Konzentrationen im Holz spiegelten die Verhältnisse im Blatt wider (Tab. 13-14). Die Unterschiede zwischen den Jahrgängen einerseits und den Düngevarianten andererseits waren geringer, so daß sie sich weniger gut als die Blattuntersuchungen für eine Differenzierung eignen. Dies gilt ebenso für P und die übrigen Mineralstoffe im Holz.

5.4 Mostinhaltsstoffe

5.4.1 Mostgewicht und Säure

Das Mostgewicht ist in der Praxis einer der wichtigsten Parameter zur Beurteilung der Mostqualität und für die weinrechtliche Einteilung der Weine nach den Qualitäts- bzw. Prädikatsstufen grundlegendes Kriterium. Der Öchslegrad gibt dabei an, wieviel mehr ein Liter Most bei 20°C wiegt als ein Liter Wasser. Im Prinzip wird damit die Zuckerkonzentration des Mostes bewertet. Es wird immer wieder betont, daß das Mostgewicht nicht ausreicht, um die Güte des späteren Weines zu beurteilen, und daß weitere Reifeparamter nötig sind (WÜRDIG & WOLLER 1989, TROOST 1980, SCHWAB 2001). Neben der Säurekonzentration, die ebenfalls Rückschlüsse auf den optimalen Lesezeitpunkt erlaubt, haben aber keine weiteren Parameter in der Praxis Eingang gefunden (TROOST 1980, WÜRDIG & WOLLER 1989).

Der Einfluß des Jahrgangs überwog den Düngungseinfluß auf das Mostgewicht (Tab. 23). Dabei bestimmten die Witterung und der daraus folgende Gesundheitszustand der Trauben den Erntetermin. Das Zusammenwirken dieser Faktoren erklärt die Zuckerkonzentration der Moste. Das im Versuchsverlauf wärmste Jahr 1994 war zugleich das trockenste (Tab. 4-6), so daß die Trauben nicht genug Wasser für die Reife zur Verfügung hatten und deshalb sehr früh (11.10.) mit niedrigen Mostgewichten gelesen wurden (Tab. 7). 1999 war ebenfalls überdurchschnittlich warm, die starken Sommerniederschläge führten aber früh zu Botrytisbefall (Tab. 8), so daß die Lese ebenfalls verfrüht bei zu niedrigen Mostgewichten erfolgte. Die Jahrgänge 1996-1998 wiesen deutlich höhere Mostgewichte auf als die übrigen Versuchsjahre. 1996 und 1998 wiesen auch die spätesten Erntetermine auf, 1997 war dagegen lediglich zwei Tage später im Jahr geerntet worden als der 1995er Jahrgang, der wiederum stark mit Botrytis befallen war. 1996 als kältestes Versuchsjahr

war zugleich relativ niederschlagsarm; die Trauben waren sehr gesund, so daß sie lange Zeit zur Reife zur Verfügung hatten; die Ernte fand am spätesten (31.10.) im Jahr statt.

Die N-Düngung beeinflusste die Mostgewichte uneinheitlich (Tab. 24). In drei der sechs Versuchsjahre wies die ungedüngte Variante das höchste Mostgewicht auf, in einem Jahr (1995) dagegen den niedrigsten Wert. Dies korreliert mit dem Traubenertrag; 1995 war das einzige Jahr mit höherem Ertrag in der Nullvariante. KANNENBERG (1993) fand bei Spätburgunder ebenfalls keine einheitliche Beeinflussung durch die N-Düngung. SEITER (2000) stellte bei Silvaner und Müller-Thurgau keinen Einfluß von zunehmenden N-Düngungsgaben fest. FOX (1998) fand bei Dauerbegrünung höhere Mostgewichte in Riesling aufgrund hoher N-Düngung. Bei mehrjährigen Versuchen mit Gutedel in der Schweiz wurden i.d.R. höhere Mostgewichte bei N-Düngung gefunden. Ausnahmen davon wurden in Flächen mit Wasserdefizit beobachtet (MAIGRE 1998). Im Mittel von fünf Jahren wurden bei Müller-Thurgau in Franken bei N-Gaben von 50 kg N/ha kein Unterschied, bei 100 kg N/ha in der Tendenz höhere Mostgewichte im Vergleich zur Nulldüngung festgestellt (SCHWAB 1998). Bei Riesling stellte BÖS (1999) niedrigere Mostgewichte aufgrund langjährig hoher N-Düngung fest.

Die Säuren stellen neben Wasser und Zucker die dritte Hauptkomponente des Mostes dar. Die Säurekonzentration ist zusammen mit dem Mostgewicht wichtiges Gütekriterium und Hilfsmittel zur Bestimmung des optimalen Lesezeitpunkts, wobei niedrigere Werte auf höhere Qualitäten hinweisen (TROOST 1980). Nach WÜRDIG & WOLLER (1989) besteht zwischen der Zunahme des Zuckergehalts in der Reife und der Abnahme der Säure ein direkter Zusammenhang. Der Jahrgang spielt dabei eine wesentliche Rolle. Bei der vorliegenden Untersuchung korrelierten Mostgewicht und Gesamtsäure insgesamt gesehen allerdings nicht. Selbst innerhalb der Jahre fand sich lediglich 1995 und 1996 ein nennenswerter Zusammenhang mit r^2 von 0,3 bzw. 0,5. Überraschenderweise war 1994 eher eine positive Korrelation mit $r^2 = 0,2$ zu beobachten (nicht dargestellt). Wie beim Mostgewicht wurde die Säurekonzentration ebenfalls in erster Linie vom Jahrgang beeinflusst (Tab. 25-26). Die warme und feuchte Witterung 1999 führte trotz des frühen Lesezeitpunkts zu den niedrigsten Säurewerten. 1994 als ebenfalls sehr warmes Jahr war zu trocken, so daß die Gesamtsäure im Reifeverlauf weniger abgebaut wurde und relativ hoch lag. Obwohl das Jahr 1998 wesentlich mehr Niederschlag als 1997 vorwies, waren beide Jahre in Mostgewicht und Säure vergleichbar. Nach den Hauptkriterien für die Mostqualität waren demnach diese beiden Jahrgänge nicht unterscheidbar. Die höchsten Säurekonzentrationen fanden sich 1995. Hier hatten die Trauben aufgrund des Botrytisbefalls keine Zeit auszureifen. 1996 mit ebenfalls sehr hohen Säurewerten waren die Trauben dagegen entsprechend dem Mostgewicht reif; die hohen Säurekonzentrationen rührten von der kalten Witterung her. Die N-Düngung führte in der Tendenz zu niedrigeren Säurewerten. Dies wird durch die Versuche von SCHWAB (1998), BÖS (1999), SEITER (2000) bestätigt und entspricht der von WÜRDIG & WOLLER (1989) beschriebenen negativen Korrelation zwischen Mostgewicht und Säure.

5.4.2 Mineralstoffe

Die Mineralstoffe bestimmen die Aschekonzentration der Moste. Sie sind damit positiv mit dem Restextrakt im Wein korreliert, der eine analytische Kennzahl für füllige,

„extraktreiche“ Weine darstellt (WÜRDIG & WOLLER 1989). Mit der Reife der Trauben bzw. mit der Qualitätsstufe werden höhere Mineralstoffkonzentrationen gefunden (SCHRADER et al. 1976).

Von den Mineralstoffen unterlag Kalium dem größten Jahrgangseinfluß (Tab. 28, Abb.10). Dieser ist allerdings kritisch zu hinterfragen; die K-Konzentrationen in Mosten, die im Weinberg ohne Pressung gewonnen wurden, wiesen 1995 mit die höchsten Werte auf (nicht dargestellt). Insgesamt war der Jahrgangseinfluß sogar noch größer als bei den Mosten, die zur Weinbereitung durch Kelterung gewonnen wurden. Beim Vergleich der beiden Bestimmungsarten für K fand sich sogar eine negative Korrelation ($r^2 = 0,12$) zwischen den verschiedenen Konzentrationen. Bei den Makronährstoffen P und Mg betrug das Bestimmtheitsmaß 0,55 bzw. 0,63 und für N sogar 0,9. Entsprechend den K-Konzentrationen im Wein und den Abnahmeraten an K in der Gärung (Tab. 53) kann man davon ausgehen, daß die Konzentrationen auch 1995 auf ähnlichem Niveau wie die übrigen Jahre lagen.

Vor allem die Mg-Einlagerung erfolgte nach dem gleichen Jahrgangseinfluß wie die N-Einlagerung (Abb. 11, 14). Aber auch P und in der Tendenz Ca waren in den gut mit N versorgten Jahren 1995, 1996 und 1998 erhöht (Abb. 9, 12). Der Jahrgangseinfluß war aber nicht so stark wie bei der N-Einlagerung. Die drei gut versorgten Jahre unterschieden sich in den genannten Mineralstoffen nicht wesentlich. Eine positive Korrelation zwischen N-Düngung und Mineralstoffkonzentration im Most wurde nur bei K gefunden und dort auch nur eher schwach in den Stressjahren 1994, 1997 und 1999 (Abb.10). Dementgegen sank die Konzentration an den Mineralstoffen P, Mg und Ca im Most bei zunehmender N-Düngung. Für Mg überrascht diese Auswirkung, da die Aufnahme in Blatt und Holz entgegengesetzt war. Die Mikronährstoffe Zn, Mn und Cu wurden im Most erst seit 1997 untersucht (Tab. 32). Ein Jahrgangseffekt fand sich lediglich bei Mn mit niedrigeren Werten 1997. Ein Einfluß der N-Düngung wurde tendenziell bei Zn festgestellt; bei Düngung war die Konzentration reduziert, was auch den Beobachtungen zur Zn-Aufnahme im Blatt entspricht.

In der Literatur wird der Effekt der N-Düngung auf die Aschekonzentration von Most unterschiedlich beschrieben. KANNENBERG (1993a) fand höhere Aschekonzentrationen und ebenfalls höhere Kaliumkonzentrationen, MÜLLER (1984) konnte keinen N-Düngungseinfluß feststellen. Ein Jahrgangseinfluß wird vor allem auf K und Mg ausgeübt (WAGNER et al. 1989, v. SCHENK 1998), allerdings fanden SCHRADER et al. (1976) nur geringe Jahrgangsunterschiede für K und Ca.

Die Beobachtung, daß die P-Aufnahme in Most bei N-Düngung zurückgeht, wurde schon mehrmals beschrieben. Der kausale Zusammenhang wird aber unterschiedlich erklärt. BELL (1991) spricht lediglich von einer unspezifischen Wechselwirkung zwischen N und P. KELLER & KOBLET (1985) folgern, daß der N-Mangel ein höheres Wurzelwachstum induziert, was wiederum die P-Aufnahme verbessert. Dem widerspricht aber, daß in einem Gefäßversuch mit Riesling kein stärkeres Wurzelwachstum mit abnehmender N-Versorgung festgestellt werden konnte (LINSENMEIER 1995). Außerdem müsste diese fördernde Wirkung auch die anderen Mineralstoffe betreffen. PRIOR (1997) schließt wie MENGEL (1991) auf einen Verdünnungseffekt. Sowohl bei der Blattfläche als auch beim Traubenertrag mußte aber festgestellt werden, daß ab 30 kg N/ha kein Düngungseinfluß mehr zu finden war; selbst gegenüber der ungedüngten Variante sind die Unterschiede im

Ertrag zu gering, um die höheren P-Konzentrationen vollständig zu erklären. 1995 wurden in der 0 und 60 kg N/ha-Variante sogar die höchsten Erträge festgestellt. Dies spricht gegen einen Verdünnungseffekt. KEßLER (1999) schlägt vor, daß die pH-Zunahme im Wurzelraum aufgrund der höheren Nitrataufnahme zu einer geringeren P-Aufnahme führen. All diesen Erklärungsmodellen ist gemeinsam, daß auch andere Mineralstoffe dementsprechend deutlich auf die N-Düngung reagieren müßten. Dies wurde aber nicht beobachtet.

Ein Grund dafür, daß die Einlagerung von P in die Trauben so stark auf die Düngung reagiert, während Mg und Ca dies nur leicht zeigten, liegt vermutlich in der stärkeren Mykorrhizierung bei N-Mangel (Tab. 20). Die Mykorrhiza führt vor allem zu einer besseren P-Aufnahme, aber auch andere Nährstoffe wie N und Zn werden besser aufgenommen (GEORGE et al. 1994, MONZON & AZCON, 1996, FABER et al. 1990). Die gegenseitige Beeinflussung von Nährstoffen im Boden, wie eben zwischen N und P erläutert, führen mit dazu, daß oftmals kein Zusammenhang zwischen den Nährstoffgehalten im Boden und im Most gefunden wird. v. SCHENK (1998) bemerkt dies für P, K und Mg. Auch in dieser Arbeit konnte trotz der relativ großen Spannweite an P im Boden kein Einfluß auf die P-Konzentration im Most festgestellt werden (Abb. 8). Bezüglich K konnte dagegen ein Einfluß ($r^2 = 0,22$) der K-Bodenkonzentration belegt werden. Die K-Einlagerung in Blätter und Holz war dagegen mit r^2 von 0,69 bzw. 0,64 viel enger an die K-Bodenkonzentration gekoppelt. Folglich reagiert die Rebe zwar auf das höhere K-Angebot im Boden, die Einlagerung in die Trauben wird dagegen konstant gehalten. Auch BALÓ et al. (1981) fanden höhere K-Konzentrationen im Most bei höheren Bodengehalten.

5.4.3 Aminosäuren und Gesamt-N

Die AS-Konzentration im Most stellt einen guten Indikator für die N-Versorgung der Rebe dar (LÖHNERTZ et al. 1998). Die AS selbst sind in den in Wein vorkommenden Konzentrationen selten aromawirksam, sie sind aber Ausgangsstoffe für die Aromabildung und beeinflussen über die Gärung die Bukettausbildung positiv (RAPP & VERSINI 1996). Nach SCHWAB (2001) sollte die AS-Konzentration im Most als Kriterium in die Qualitätsbewertung einfließen. Bei dem vorliegenden Versuch konnte eine sehr starke Jahrgangsabhängigkeit festgestellt werden. 90% der Streuung der AS-Konzentration im Most können auf den Jahrgang zurückgeführt werden (Tab. 15). Die höchsten Konzentrationen an Gesamt-AS und Gesamt-N fanden sich in den Jahren 1996, 1998 und 1995 (Abb. 14, 15).

Kühlere und feuchtere Witterung begünstigen eine AS-Einlagerung in den Most (SCHRADER et al. 1976). Eine zugleich kühle und feuchte Witterung im Untersuchungszeitraum ist allerdings nicht aufgetreten (Tab. 4, 5). Im Vergleich zum langjährigen Mittel war lediglich 1996 die Durchschnittstemperatur unterdurchschnittlich. Dies gilt sogar für den Zeitraum von 1988-2004, was die Ausnahmestellung des Jahres 1996 nochmals unterstreicht. In der Niederschlagsmenge lag das Jahr 1996 allerdings auch 10% unter dem langjährigen Mittel. In diesem Jahr wurden mit großem Abstand die höchsten AS-Konzentrationen im Most gemessen (490-670 mg N/L). Die Jahre 1995, 1997 und 1998 lagen in ihrer Jahresdurchschnittstemperatur nahe beieinander. 1997 war

die Niederschlagsmenge extrem niedrig. Vor allem in der Reifephase ab August fielen nur noch geringe Niederschläge, so daß in diesem Jahr nur wenig AS in die Trauben eingelagert wurde. Demgegenüber resultierte die sehr gute Wasserversorgung der Jahre 1995 und 1998 in hohen AS-Konzentrationen (160-240 mg N/L bzw. 220-310 mg N/L). Das einzige Jahr mit trockener und heißer Witterung war 1994, die niedrigen Werte von 70-130 mg N/L in diesem Jahr waren damit zu erwarten. 1999 fanden sich ebenso niedrige AS-Konzentrationen im Most (40-130 mg N/L). Die Temperaturen in diesem Jahr waren zwar erhöht, aber die Niederschlagsmenge war ebenfalls überdurchschnittlich, so daß nicht zwangsläufig von den Witterungsverhältnissen auf den niedrigen AS-Gehalt in den Trauben geschlossen werden kann.

Da ein beträchtlicher Teil der AS erst gegen Ende der Vegetationsperiode eingelagert wird, wirkte sich 1999 der frühe Lesetermin (11.10.) sicherlich negativ aus. Ebenso früh wurde die Lese 1994 durchgeführt. Dies ist mehr als 10 Tage früher als in den übrigen Jahren und sogar 20 Tage früher als 1996. Auch die im Verhältnis niedrigeren Mostgewichte von 79°Oe im Jahr 1994 und 82°Oe 1999 weisen darauf hin, daß die Reifebedingungen nicht ausreichend waren. Hinzu kommt der ungewöhnlich starke Botrytisbefall 1999. Es ist bekannt, daß der Botrytispilz die Aminosäuregehalte in den Trauben verringert, da er diese als N-Quelle benutzt (RAPP & REUTHER 1971, DITTRICH et al. 1975). Der hohe Pilzbefall in Verbindung mit der Essigstichgefahr führte 1999 zu dem verfrühten Lesetermin. Somit lassen sich die niedrigsten AS-Konzentrationen im Most (1999) nicht zuletzt auf Botrytis und den frühen Lesetermin zurückführen. Die höchsten Konzentrationen (1996) korrelierten dementsprechend mit einem sehr späten Lesetermin und hohen Mostgewichten bei gleichzeitig gesundem Lesegut.

Der Düngungseinfluß auf die Gesamt-AS-Konzentration im Most war gegenüber dem Jahrgangseinfluß um eine Größenordnung niedriger (Tab. 34). Mit der N-Düngung konnten hoch signifikant 8% der Streuung der AS-Konzentration erklärt werden. Innerhalb eines Jahrgangs fanden sich in der Regel kontinuierlich steigende Konzentrationen mit zunehmender N-Düngung und Erklärungsanteilen von 40-60%. Die Jahre 1998 und 1999 wiesen positiv korrelierte AS-Konzentrationen auf, die Zunahme war aber nicht kontinuierlich. 1999 wiesen die 30 bzw. 90 kg N/ha-Variante höhere Werte auf als die Varianten mit 60 bzw. 150 kg N/ha. Dies entspricht aber dem Verhältnis der N_{\min} -Gehalte, die 1999 im Boden festgestellt wurden. Die höchsten AS-Konzentrationen 1998 in den Varianten mit 30 und 60 kg N/ha können allerdings nicht mit den N_{\min} -Gehalten erklärt werden, zudem waren auch 1996 und 1997 N_{\min} in den 30 kg N/ha-Varianten erhöht ohne eine Auswirkung auf den Most zu zeigen. Eine Beeinflussung der AS-Konzentrationen im Most durch Botrytis hat neben 1999 auch 1998 eine (geringere) Rolle gespielt. Aufgrund der hohen Niederschläge im September und Oktober 1998 – zusammen 200 mm gegenüber 26 mm im August – herrschte ebenfalls ein hoher Botrytisbefall, vor allem in den hoch gedüngten Varianten.

Die einzelnen Aminosäuren reagierten alle sehr stark auf den Jahrgang (Tab. 42). Die Einlagerung der meisten AS folgte dabei dem Muster, das schon beim Gesamt-N und Gesamt-AS-N beobachtet werden konnte (Abb. 14-22). 1996 wurden mit deutlichem Vorsprung die höchsten Mengen eingelagert, es folgten die Jahre 1995 bzw. 1998, und auf der anderen Seite lagen die Konzentrationen der AS in den Jahren 1994, 1997 und

1999 am niedrigsten. Dies trifft nicht nur auf die beiden mengenmäßig dominierenden Aminosäuren Arginin und Glutamin, sondern z.B. auch auf Alanin und mit am stärksten auf Valin zu. Die Aminosäuren Leucin/Phenylalanin wurden in den einzelnen Jahren derart unterschiedlich eingelagert, daß anhand ihrer Konzentrationen im Most eine Differenzierung zwischen den gut versorgten Jahren 1995, 1996 und 1998 und den schlecht versorgten Jahren 1994, 1997 und 1999 erfolgen konnte.

Einige weitere Aminosäuren reagierten in anderer Weise auf den Jahrgangseinfluß. Dazu gehörten insbesondere Prolin und Tryptophan. Die höchsten Prolin-Konzentrationen fanden sich nahezu gleich in den Jahren 1996 und 1998 gefolgt vom Jahrgang 1997. In diesen drei Jahren lag das Mostgewicht mit 87 bzw. 88° Oe deutlich über den anderen Jahren mit lediglich 79-83° Oe. Zum einen gilt Prolin als Stressparameter; bei anderen Pflanzen wurde beobachtet, daß es bei Stress (Wasser, Nährstoff) angereichert wird. (PALEG & ASPINALL 1981, BATES et al. 1973, LARCHER 1994) Auf der anderen Seite nahm Prolin in Trauben mit zunehmendem Blatt-Frucht-Verhältnis stärker zu als die übrigen Aminosäuren. Niedrigere Erträge führen so zu höheren AS-Konzentrationen aber ebenso zu höheren Prolin/Arginin-Verhältnissen (KLIOWER & OUGH 1970). Aufgrund dessen wird Prolin auch als Reifeparameter diskutiert (SCHWAB 2001, GILLOT 2002).

Als Absolutwert muß die These von Prolin als Stressindikator verworfen werden. Weder die Witterung, die den Jahrgangseffekt stark mitprägt, noch die N-Düngung lassen dies erkennen. Die Eignung von Prolin als Reifeparameter ist nicht leicht zu beurteilen. Der nach SCHWAB (2001) deutliche Zusammenhang zwischen Mostgewicht und Prolin-Konzentration konnte bei diesem Versuch bestätigt werden. Über alle Jahre hinweg waren Mostgewicht und Prolin mit $r^2 = 0,34$ positiv korreliert (nicht dargestellt). Die Zusammenhänge innerhalb der Jahre waren aber stark unterschiedlich. 1997 fand sich eine schwach negative Korrelation ($r^2 = 0,12$), 1999 gab es keinen Zusammenhang. In den anderen Jahren betrug das Bestimmtheitsmaß zwischen 0,2 (1995) und 0,66 (1998). Damit dem Prolin über das Mostgewicht hinaus eine Bedeutung als Qualitätskriterium zukommt, dürfen die beiden Parameter natürlich nicht zu stark miteinander korrelieren.

Erkennt man Prolin als Reifeindikator an, so waren demnach die Jahrgänge 1996 und 1998 besonders reif, gefolgt vom Jahr 1997. Die N-Düngung beeinflusste lediglich 1999 die Prolin-Konzentration (positiv). Es stellt sich hier wie so oft die Frage, was eine optimale physiologische Traubenreife ausmacht. Die Weinqualität – sicherlich das Hauptkriterium – läßt sich ebenfalls nicht leicht bestimmen. Da Weinqualität letzten Endes eine sensorische Einschätzung darstellt, muß die Traubenreife mittels Verkostungen geeicht werden. Wie in der vorliegenden Arbeit die Bedeutung von Prolin als Reifeindikator einzuschätzen ist, muß im Zusammenhang mit den sensorischen Ergebnissen diskutiert werden.

Die einzelnen AS lassen sich nach den Reaktionen auf die ansteigende N-Düngung einteilen (Tab. 42). Es gibt die Gruppe der AS, die einen Düngungseinfluß zeigen, und zwar derart, daß eine deutlich stärkere Einlagerung in die Trauben festgestellt werden konnte. Hierzu gehören die beiden mengenmäßig wichtigsten Aminosäuren Arginin und Glutamin, aber auch eine Vielzahl von weiteren AS wie Alanin, c-Aminobuttersäure, Citrullin. Entsprechend den Ergebnissen der Gesamt-AS ist auch bei den einzelnen AS der Düngungseinfluß mit 3-11% deutlich niedriger als der Jahrgangseinfluß. Bei Alanin wies

der Düngungseinfluß einen Erklärungsanteil von 11% auf; innerhalb der einzelnen Jahre lag der Düngungseinfluß bei 45-75%. Damit übte die N-Düngung auf Alanin einen leicht höheren Einfluß aus als auf Arginin; die Mittelwerte stiegen aber bei Arginin im Gegensatz zu Alanin kontinuierlich mit der N-Düngung an. Zur Einschätzung der Stickstoffversorgung erscheint damit Arginin insofern als geeigneter.

Eine zweite Gruppe von AS reagierte nicht mit einer steigenden Einlagerung bei zunehmender N-Düngung. Dies betraf neben Prolin auch iso-Leucin, Leucin/Phenylalanin und Valin. Dabei konnte 1999 bei Prolin und iso-Leucin ein signifikanter Anstieg der Konzentrationen bei hoher N-Düngung festgestellt werden. Ein einfacher kausaler Zusammenhang dieser Ausnahme mit den Besonderheiten des Jahres 1999 - Ausdünnung und starker Botrytisbefall - kann nicht festgestellt werden. Die großen Unterschiede bei Prolin 1999 gegenüber den übrigen Jahren ohne signifikante oder auch nur einheitliche Unterschiede mindern die Eignung von Prolin als Reifeindikator weiterhin. Bei Tryptophan zeigten sich dagegen 1994-1996 sogar eher sinkende Konzentrationen bei höheren N-Gaben. Zur Bewertung des Jahrgangeinflusses eignen sich die AS aus dieser Gruppe, da der Jahrgangseinfluß nicht von der Düngung überlagert wird.

Entsprechend wären zur jahrgangsunabhängigen Bewertung der N-Nachlieferung des Bodens Aminosäuren mit geringem Jahrgangseinfluß vorteilhafter. Durch Bildung von Verhältniszahlen kann dies erreicht werden (Abb. 23-25). Der prozentuale Anteil von Arginin-N am Gesamt-AS-N wies nur einen Jahrgangseinfluß von 37% gegenüber einem Düngungseinfluß von 32% auf. Dennoch differierten die Arginin-Anteile deutlich in Abhängigkeit der Jahre. In den drei Stressjahren 1994, 1997 und 1999 kann man einen starken Düngeeinfluß feststellen; vor allem die Spanne zwischen ungedüngten und gedüngten Varianten ist sehr hoch. Demgegenüber lagen die prozentualen Arginin-Anteile insbesondere in den Jahren 1996 und 1998 sehr nahe beisammen. Somit lassen sich auch anhand des Arginin-Anteils nur bedingt jahrgangsunabhängige Feststellungen treffen. Als Aussage bleibt übrig, daß Arginin-Anteile ab 30% in allen Jahren nur von den hochgedüngten Varianten erreicht wurden, und daß 20% als Grenze angesehen werden kann, ab der die N-Düngung erhöht werden müßte.

Die Prolin-Anteile steigen im allgemeinen mit zunehmendem Stress. In den Stress-Jahren 1994, 1997 und 1999 lagen die Prolin-Anteile am höchsten, und mit abnehmender N-Düngung nahmen die Prolin-Anteile zu. Darüber hinaus lassen sich aber wiederum keine jahrgangsunabhängigen Aussagen treffen. Die relativ hohen Prolin-Anteile im Jahr 1998 werfen hier die Frage auf, ob die Reben in diesem Jahr im Vergleich zu 1995 deutlich gestresster waren. Bei der Beurteilung des Jahrgangs 1999 spielt wiederum die Botrytis eine unbekannt Rolle. Nach RAPP & REUTHER (1971) wird Prolin durch Botrytis um 60-90% verringert; da die übrigen AS wie auch Arginin nicht so stark abnehmen, sind die Prolin-Anteile wie auch das Prolin/Arginin-Verhältnis aufgrund eines Botrytisbefalls niedriger. Die hier vorliegenden Ergebnisse wären dementsprechend ohne Botrytisinfektion eher nach oben zu korrigieren. Die Beurteilung des Jahrgangseffektes wird damit schwieriger. Es findet bei dieser Kennzahl eine Vermischung zweier gegenläufiger Einflüsse statt: Der der Reife und der der Stickstoffversorgung. Entsprechendes gilt für das Prolin/Arginin-Verhältnis. Dies bedeutet im Umkehrschluß, daß der Prolin-Anteil, wie auch das Prolin/Arginin-Verhältnis alleine keinen Aufschluß geben über die Stickstoffversorgung der Rebe bzw. den Reifezustand der Trauben.

Der Anstieg der AS in Most bzw. Trauben mit der N-Düngung wurde schon vielfach beobachtet (KLIOWER 1971, RAPP & BARDONG 1976, DELAS 1993, SPAYD et al. 1994, BÖS 1999, SEITER 2000). Während DELAS (1993) und SPAYD et al. (1994) dies auch bei Prolin fanden, stellten RAPP & BARDONG (1976) nur eine geringe Reaktion von Prolin fest, PRIOR (1997) und SEITER (2000) konnten keinen Einfluß der N-Düngung auf die Prolin-Konzentration im Most finden.

Ebenso wie die AS ist auch die Konzentration an Gesamt-N im Most ein Indikator für die N-Versorgung der Rebe und Gütekriterium für den Most. Die N-Konzentration wurde dabei zu 85% vom Jahrgang beeinflusst (Tab. 33, Abb. 14). Sie korrelierte positiv mit kühleren und feuchteren Jahrgängen. Auffällig ist auch die niedrigste Sonnenscheindauer in den drei Jahren mit den höchsten N-Konzentrationen im Most. Da die Polyaminkonzentration in Mosten nach BLESER (1999) sehr niedrig ist, setzt sich der gemessene Stickstoff im Most im wesentlichen aus Aminosäuren, Ammonium und Eiweißen zusammen. Der Anteil der AS am gesamten N im Most (nicht dargestellt) unterliegt ebenfalls starken Jahrgangsschwankungen, kann aber nicht an bestimmten Witterungen festgemacht werden. Sehr hohe Anteile fanden sich in dem kühlen (trockenen) Jahr 1996 (nahezu 80% des N im Most wurde von den AS beigetragen), ebenso 1999, einem feuchten und relativ warmen Jahr.

Die Konzentrationen an Nicht-AS-N im Most (höhermolekulare N-Verbindungen und Ammonium) unterliegen dem gleichen Jahrgangseinfluß und (noch stärkerem) Düngungseinfluß als die Aminosäuren. Die Ammonium-N-Konzentrationen können je nach Jahrgang zwischen 10 und 200 mg N/L liegen (WÜRDIG & WOLLER 1989). Da Ammonium auf eine bessere Stickstoffversorgung ebenso wie die AS reagieren, kann man davon ausgehen, daß die höheren Konzentrationen an Nicht-AS-N auf die Ammonium-Konzentrationen zurückgehen. In dem heißen Jahr 1999 fand sich die niedrigste Nicht-AS-N-Konzentration im Most (35 mg N/L), im ebenfalls sehr warmen Jahr 1994 sowie 1997 wurden dagegen 115 bzw. 125 mg N/L gefunden. Der relative Gehalt dieses Rest-N am Gesamt-N war im kühlestem Jahr am geringsten. In warmen Jahren wird vermehrt Eiweiß aus den AS gebildet (LÖHNERTZ & RAUHUT 1993, SCHWAB 2004). Demnach muß ein Großteil der Nicht-AS-N-Konzentrationen von 1995, 1996 und 1998 (180-190 mg N/L) aus Ammonium bestanden haben.

Die Düngung übte einen hoch signifikanten Einfluß auf die Konzentration an N im Most aus, auch wenn der Jahrgangseinfluß um etliches höher lag. Die N-Konzentration im Most steigt wie schon die Gesamt-AS-N-Konzentration kontinuierlich mit zunehmender N-Düngung an. Im vorliegenden Versuch fand sich eine starke Korrelation zwischen den Konzentrationen an N und AS-N im Most (nicht dargestellt). Auf alle Jahre bezogen betrug das Bestimmtheitsmaß 0,9. Hier spiegelt sich aber der starke Jahrgangseffekt auf die N und AS-Einlagerung in die Trauben wieder. Innerhalb der Jahre fanden sich ähnlich hohe Werte nur 1994 (0,95) und 1997 (0,82). Die schwächsten Zusammenhänge fanden sich 1999 (0,55) und 1998 (0,35). Vor allem variierte aber der Regressionskoeffizient zwischen 0,65 (1998) und 2,5 (1994). Auch WERWITZKE (2003) stellte in einem Versuch mit verschiedenen Anlageformen diese starke Korrelation fest. Nach den vorliegenden Ergebnissen lassen sich die Versuchsvarianten mit beiden Parametern gleich gut unterscheiden, darüber hinaus gehende Aussagen sind aufgrund unterschiedlich starker Korrelationen und Regressionen nicht möglich.

5.4.4 Tryptophan-Derivate

Die Hauptkomponente des untypischen Alterungstons, AAP, ist ein Umwandlungsprodukt des Tryptophan. Neben IES als Vorläufer kann AAP auch aus anderen Tryptophan-Derivaten (IESEE, IMS, Kynurenin u.a.) gebildet werden, wenn auch mit wesentlich niedrigeren Umsetzungsraten (CHRISTOPH et al. 1998). Nach einer Hypothese von SCHWAB et al. (1999) wird IES unter Stressbedingungen vermehrt in Trauben eingelagert. Auch MÜLLER (2000) vermutete, daß eine vermehrte Bildung von Precursoren aufgrund von Stress für die Rebe die Ursache für den UTA im Wein ist. Wie werden diese Tryptophan-Derivate von Witterung und Düngung beeinflusst? IESEE wurde im Most nicht gefunden, bei allen anderen untersuchten Substanzen (NFK, MTHCC, TOH, AA, IMS, IES) zeigte sich ein großer Jahrgangseinfluß, der sich allerdings nur bei der Gesamt-IES (mit Abstrichen auch bei MTHCC) gleichermaßen auswirkte wie bei den Aminosäuren (Abb. 26-32).

Die Einlagerung der gesamten IES in die Trauben wird demnach wie bei den meisten Aminosäuren und beim Gesamt-N durch dieselben Jahrgangsbedingungen gefördert. Dazu gehören unter den hier vorgefundenen Versuchsbedingungen vor allem eine kühlere, feuchtere Witterung, aber auch eine spätere Lese und gesunde Trauben. Das Bestimmtheitsmaß für den Zusammenhang zwischen den Gesamt-AS und der Gesamt-IES lag auf alle Versuchsjahre bezogen bei $r^2 = 0,65$ (nicht dargestellt).

Die freie IES war im Most nur in sehr geringen Konzentrationen, in einem Jahr sogar überhaupt nicht zu finden. Ein Zusammenhang mit den Stressjahren 1994, 1997 und 1999 war nicht vorhanden, dementsprechend konnte auch keine Korrelation zur Aminosäureeinlagerung gefunden werden. Die Konzentrationen an freier IES in den Trauben nahmen im Reifeverlauf (unabhängig von der N-Düngung) ab. Dies wird durch die Ergebnisse von DÜRING (1977) bestätigt. Entsprechend diesem gegenläufigen Verhalten zur AS-Einlagerung in die Trauben korrelierten diese beiden Stoffe auch nicht. Von der Größenordnung lagen die gefunden Konzentrationen an freier IES im Most (0-14 µg/L) ähnlich wie bei HOENICKE et al. (2001), die bei einer Bestimmungsgrenze von 3 µg/L keine freie IES im Most feststellen konnten. DOLLMANN et al. (1996) fanden dagegen in Kerner und Müller-Thurgau-Mosten 20-380 µg IES/L; angesichts der vorliegenden Ergebnisse erscheinen diese Werte zu hoch.

Es konnte weder bei IES noch bei den übrigen Tryptophan-Derivaten ein allgemeiner N-Düngungseinfluß unabhängig vom Jahrgang festgestellt werden. Innerhalb der Jahre fanden sich ebenfalls selten signifikante Einflüsse der Düngung. Zudem waren sie in den verschiedenen Jahren häufig gegenläufig (NFK, MTHCC, IMS). Die freie IES im Most wurde in keinem Jahr von der N-Düngung beeinflusst. Signifikante Zusammenhänge fanden sich bei der Gesamt-IES lediglich 1995. In der Tendenz war die Gesamt-IES-Konzentration 1995 und ebenso 1994 und 1996 in der nicht gedüngten Variante erhöht, 1997 dagegen deutlich niedriger. Es kann damit für alle untersuchten Tryptophan-Derivate, insbesondere für IES, festgestellt werden, daß sie nicht durch Stress (witterungsbedingt oder durch mangelnde Stickstoffversorgung) vermehrt in die Trauben eingelagert wurden. IES und die anderen Tryptophan-Derivate eignen sich damit nicht als Stressindikatoren.

Im Gegensatz zu den ursprünglichen Hypothesen (SCHWAB et al. 1999, MÜLLER 2000) zur Bildung des UTA ist also nicht die vermehrte Bildung von Precursoren aufgrund von Stressbedingungen die Ursache für den UTA im Wein. SCHWAB (2001) forderte, daß der „unerwünschte Mostinhaltsstoff“ IES in Trauben nur in naturgemäß bestehenden Konzentrationen vorkommen soll, um eine Entstehung von UTA zu vermeiden. Dies ist nach den hier vorliegenden Ergebnissen nicht erforderlich. Weitere Versuche zu dieser These wurden lediglich von HOENICKE (2002) durchgeführt. Bei den Sorten Müller-Thurgau und Kerner wurden in dem Jahr 1996 ähnliche Konzentrationen an den oben beschriebenen Tryptophan-Metaboliten im Most festgestellt. Eine Ausnahme stellte NFK dar, welches nach HOENICKE et al. (1999) in Most nicht gefunden wurde. Verschiedene weinbauliche Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Entblätterung, Anschnitt) zeigten keinen Einfluß auf die Tryptophan-Derivate; mit zunehmender Reife jedoch nahmen die Konzentrationen an MTHCC, TOH und IMS hochsignifikant zu. Bezüglich IES wurden Ergebnisse aus demselben Versuch der Jahre 1996-1999 veröffentlicht (HOENICKE et al. 2001). Freie IES ($> 3 \mu\text{g/L}$) wurde im Most nicht nachgewiesen. Bezüglich der gesamten IES wurde eine deutliche Jahrgangsdifferenzierung festgestellt: 1996 fanden sich die höchsten IES-Konzentrationen. Zwischen Bodenpflege und Jahrgang wurde eine hochsignifikante Wechselwirkung festgestellt. Im feuchten Jahr 1996 führte die Dauerbegrünung zu höheren IES-Konzentrationen in Trauben. Im trockenen Jahr 1997 wurden bei der frühen Lese höhere IES-Konzentrationen nachgewiesen, 1998 und 1999 waren die Konzentrationen bei der späten Lese entgegen den Erwartungen in den offenen Varianten erhöht. Bei diesem Versuch waren alle Varianten so übereinandergelegt, daß jede Kombination nur einmal vorkam, eine Absicherung dieser differenzierten Ergebnisse war also nicht möglich. Die angegebenen statistischen Berechnungen mußten über die Varianten hinweg vorgenommen werden. Bei Entblätterung fanden sich niedrigere, bei später Lese dagegen höhere IES-Konzentrationen. Zwischen einem Anschnitt von 10 bzw. 20 Augen/Stock wurde kein Unterschied festgestellt. Diese Beobachtungen wurden auch für die Einlagerung von Aminosäuren in Trauben gemacht, die bei Entblätterung stark reduziert ist (JÄHNISCH 1998, SCHULTZ et al. 1998) und mit zunehmender Reife zunimmt (PRIOR 1997).

Die Ergebnisse von HOENICKE (2002) bestätigen damit, daß die Einlagerung der gesamten IES auf ähnlichen Faktoren beruht wie die der Aminosäuren. Da die Gesamt-IES aber, wie gezeigt werden konnte, nicht von der Düngung beeinflusst wurde, spielen nicht die Stickstoffversorgung, sondern vor allem Lesezeitpunkt und Bodenfeuchte die wichtigste Rolle.

5.5 Veränderungen während der Gärung

5.5.1 Mineralstoffe

Die Hefen benötigen nicht nur N-Verbindungen, sondern weitere Mineralstoffe. Dem Phosphat kommt dabei eine wichtige Rolle zu, aber auch weitere Makro- und Mikronährstoffe sind im Stoffwechsel der Hefen unentbehrlich. Ein Mangel an Mineralstoffen kann wie bei einem N-Mangel zu Gärstörungen führen (KEßLER 1999). Neben N war insbesondere die P-Konzentration in den Mosten sehr unterschiedlich (Tab. 53-54). Wie bei N fanden sich die höchsten P-Abnahmen in den Jahren 1994 und 1998. Jahrgangseinfluß und Düngeeinfluß interagierten. 1994 und 1999 fand sich mit zunehmender N-Düngung (und damit abnehmenden P-Konzentrationen im Most) auch eine höhere P-Abnahme. In allen anderen Jahren war dies jedoch umgekehrt: Die höheren P-Abnahmen korrelierten mit dem niedrigeren N-Verbrauch in den N-Mangel-Varianten. Die Kaliumkonzentrationen nahmen in der Gärung um 300 bis 450 mg/L ab. Als einzige Ausnahme fand man 1995 eine Zunahme um 80 mg K/L. Aufgrund der oben erwähnten Diskrepanzen zwischen Keltermost und den direkt im Feld gewonnenen Mosten muß man von Fehlern bei der Probenaufbereitung ausgehen. Die K-Konzentrationen im Most dürften ebenfalls im Bereich der anderen Jahre (um 900 mg K/L) gelegen haben, was Abnahmen von 300 mg K/L im Jahr 1995 entsprechen würde. Die Veränderung in den übrigen Mineralstoffen (Mg, Ca, Na, Zn, Mn, Cu) war gering, und es ließ sich weder ein konsistenter Jahrgangseinfluß noch ein Düngeeinfluß feststellen. Häufig fanden sich im Wein sogar höhere Konzentrationen als im Most. Die Konzentrationen an Zn und Mn stiegen generell während der Gärung. Meßtechnische Streuungen als Ursache scheiden damit aus. Es mußte folglich eine Kontamination aus den Arbeitsgeräten oder dem Gärbehälter erfolgt sein. Die einheitliche Zunahme der Konzentration von Mg, Ca und Na im Jahr 1997 spricht ebenfalls für einen Eintrag dieser Stoffe während des Weinausbaus. Eine Most- oder Weinbehandlung mit Bentonit kann die Konzentration dieser Stoffe im Wein erhöhen. Im vorliegenden Versuch fand der Weinausbau aber ohne jegliche Behandlung mit Schönungsmitteln statt.

5.5.2 Aminosäuren und Gesamt-N

Die Hefen benutzen die AS als N-Quelle für ihre Ernährung vor allem in der Vermehrungsphase zu Beginn der Gärung. Dementsprechend nehmen die AS während der Gärung stark ab (Abb. 33-37). Der Jahrgangseinfluß auf die AS-N-Konzentrationen im Most war sehr groß, insofern waren auch bei der AS-Abnahme durch die Hefen große Jahrgangseinflüsse zu erwarten. Diese waren aber deutlich nivelliert. Die höchsten Mengen an AS wurden erwartungsgemäß in den Jahren 1996 und 1998 verbraucht, in denen die Moste mit N gut versorgt waren. Im ebenfalls gut versorgten Most des Jahrgangs 1995 wurde dagegen die geringste AS-Abnahme aller Versuchsjahre festgestellt. Womöglich erfolgte in diesem Jahr die Heferversorgung mit N in größerem Maße mit dem nicht erfassten Ammonium. Der Düngeeinfluß innerhalb der Jahre differierte je nach AS-Niveau im Most. In den Jahren mit schlechter N-Versorgung der Moste (1994, 1997 und 1999) korrelierte die N-Aufnahme der Hefen mit der N-Düngung also mit dem N-Angebot im Most. Dies läßt folgern, daß das N-Angebot in diesen Jahren den minimierenden Faktor darstellte. In den Jahren mit guter N-Versorgung fand sich kein

Düngungseinfluß (1995, 1998) oder sogar eine deutlich zurückgehende N-Abnahme bei zunehmender Düngung. Da ein Teil der AS zunahm, kann man neben der (Netto-) Abnahme an AS-N in der Gärung eine Brutto-Abnahme angeben, die der Summe aller von den Hefen aufgenommenen AS entspricht. 1996 lagen die höchsten Netto-N-Abnahmen an AS bei durchschnittlich 145 mg N/L. Die Brutto-Abnahmen betragen in diesem Jahr 165 mg N/L. Die höchsten Abnahmen lagen bei 250 mg N/L (Netto) bzw. 275 mg N/L (Brutto).

Bei den einzelnen AS lassen sich drei unterschiedliche Gruppen hinsichtlich ihrer Abnahme während der Gärung feststellen. Der Hauptteil der AS nahm in allen Jahren bei der Gärung ab, bei einigen fand sich in einigen Jahren aber eine Anreicherung, und bei einer dritten Gruppe konnten in allen Jahren nach der Gärung höhere AS-Konzentrationen festgestellt werden (Abb. 37). In die erste Gruppe fielen Arginin, Glutamin, iso-Leucin, Leucin/Phenylalanin, Serin, Tryptophan, Valin. Dabei bildeten naturgemäß Arginin und Glutamin den Hauptteil des von den Hefen aufgenommenen Gesamt-AS-N. In den gut mit N versorgten Mosten der Jahre 1995, 1996 und 1998 stellen sie 85-95% der Heferversorgung an AS-N. In den schlechter versorgten Mosten der übrigen Jahre betrug dieser Anteil lediglich 65-70%. Obwohl Arginin-N im Most einen höheren Anteil am Gesamt-AS-N vorwies als Glutamin-N (35 gegenüber 25%), nahm Glutamin in der Gärung stärker ab. In den Jahren mit guter Versorgung der Moste wurde deutlich mehr als doppelt so viel Glutamin-N verbraucht als Arginin-N; in den Jahren mit schlecht versorgten Mosten dagegen nur wenig mehr Glutamin als Arginin oder 1999 sogar mehr Arginin als Glutamin. Auch die relativen Abnahmeraten waren bei Glutamin mit i.d.R. mehr als 95% wesentlich stärker als bei Arginin mit 10-98%. Es ist damit sehr deutlich, daß Glutamin von den Hefen bevorzugt aufgenommen wurde. Die absolute Arginin-Abnahme entsprach vom Muster her exakt der Gesamt-AS-Abnahme, so daß hier keine gesonderten Ausführungen erfolgen.

Die Tryptophan-Abnahme ist insofern von Bedeutung, als Tryptophan von den Hefen zu AAP metabolisiert werden kann (RAPP et al. 1995). Neben dem Aufbau von Biomasse der Hefen wird Tryptophan in andere Metabolite umgewandelt. HOENICKE (2002) fand Umsetzungsraten von bis zu 20 mol% des Tryptophan zu dem höheren Alkohol TOH; in weitaus geringerem Umfang wurden IMS (0-1 mol%) und IES (0-5 mol%) metabolisiert. Es fand sich aber nur ein mäßiger Jahrgangseinfluß, der unabhängig von der Witterung und der bisher diskutierten N-Versorgung war. Ein Düngungseinfluß war nicht gegeben.

In der zweiten Gruppe befinden sich die AS, die lediglich in einigen Jahren abnahmen (Prolin, Alanin, Glutaminsäure, Asparaginsäure, c-Aminobuttersäure, Citrullin, Glycin, Threonin). Diese AS wurden in den Jahren mit ausreichender N-Versorgung für die Hefen im Laufe der Gärung erhöht. In den Mangeljahren wurden diese AS aber vermehrt von den Hefen verbraucht. Dabei variierte dieser Verbrauch auch in Abhängigkeit von der N-Düngung je nach AS unterschiedlich stark. Bei Alanin fand sich z.B. in allen Jahren mit guter N-Versorgung der Moste in allen Düngevarianten eine Zunahme. In den schlechter versorgten Mosten der Jahre 1994 und 1999 wurde Alanin dagegen in allen Düngevarianten von den Hefen verbraucht. 1997 überwog ebenfalls im Schnitt der Verbrauch, in den gedüngten Varianten war aber auch eine Anreicherung zu finden. Prolin dagegen nahm in aller Regel in der Gärung zu. Dies galt selbst für die Mangeljahre. Nur in einigen einzelnen Düngevarianten in diesen Jahren wurde auch Prolin von den Hefen

verbraucht. Nach RAUHUT (1996) ist dies oft mit Böcksern verbunden. Die Stärke und die Häufigkeit der Böckser wurden bei der Verkostung nicht speziell erfaßt, nach den Kommentaren der Prüfer waren die Weine mit Böcksern aber über die Düngevarianten gleich verteilt.

Die hier diskutierten Abnahmen bzw. Zunahmen sind Netto-Werte und im Gärverlauf natürlich dynamisch. In der Regel fand sich bei allen AS in der ersten Gärwoche eine Abnahme der AS, danach nahmen die AS wieder zu (nicht dargestellt).

Die Abnahme an Gesamt-N bestand zu ca. einer Hälfte aus der Aufnahme der AS durch die Hefen, zur anderen aus der Ammonium-Aufnahme und aus der Ausfällung von höhermolekularen N-Verbindungen, insbesondere von Eiweißen (Tab. 53). Der große Einfluß des Jahrgangs folgt nicht der ursprünglichen N-Konzentration der Moste. Im Jahr mit den niedrigsten Konzentrationen im Most (1999) fand sich zwar der niedrigste Gesamt-N-Verbrauch bei der Gärung, die nächstniedrigeren Konzentrationen fanden sich allerdings in den sehr gut versorgten Mosten der Jahrgänge 1995 und 1996. Hier spielt sicherlich eine Rolle, daß bei der Meßanalytik kein Ammonium erfaßt wurde. Die Ammonium-N-Konzentrationen können je nach Jahrgang zwischen 10 und 200 mg N/L liegen (WÜRDIG & WOLLER 1989). Unterstellt man folglich in den besser versorgten Mosten der Jahre 1995 und 1996 höhere Ammoniumkonzentrationen als in den Mangeljahren 1994 und 1997, so erklärt dies den scheinbar geringeren N-Bedarf der Hefen. Ansonsten bedeutet dies, daß höhermolekulare N-Verbindungen in Stressjahren während der Gärung stärker abnehmen. Ein deutlicher Düngungseinfluß läßt sich nur in den Jahren mit hoher N-Abnahme feststellen. Auch hier kann die unbekanntes Ammoniumversorgung der Moste eine Rolle spielen. Geht man von steigenden Ammoniumkonzentrationen bei besserer N-Versorgung aus, konnte das N-Angebot für die Hefen in den gedüngten Varianten zunehmend aus Ammonium gedeckt werden. Auf der anderen Seite führte ein knappes N-Angebot in den schlecht versorgten Mosten dazu, daß N im Minimum für die Hefeverorgung war. Mit zunehmender N-Konzentration folgte auch eine zunehmende Aufnahme durch die Hefen. Bei ausreichendem N-Angebot in allen Mosten der verschiedenen Düngevarianten konnte es somit keine Differenzierung in der N-Aufnahme durch die Hefen geben.

5.5.3 Tryptophan-Derivate

Die Konzentration an gesamt IES nahm während der Gärung ab (Abb. 38). Die Abnahme unterlag einem starken Jahrgangseinfluß. In den Jahren mit guter N-Versorgung der Moste war die Abnahme deutlich erhöht. Ein Düngungseinfluß konnte nicht festgestellt werden. Die Konzentration an freier IES stieg im Gegenzug deutlich. Die entstehende freie IES beruht zum überwiegenden Teil aus der Hydrolyse der peptidisch bzw. glycosidisch gebundenen IES. Ein Teil der IES stammt aus dem Tryptophan-Abbau mit Umbauraten von 0-5 mol% (HOENICKE 2002). Eine Neubildung während des Hefestoffwechsels fand ebenfalls statt, ebenso aber auch eine Verstoffwechslung oder andere Umsetzung, da die gesamte IES ansonsten in der Gärung gleich geblieben wäre. Diese Vorgänge waren sehr dynamisch, wie der Gärkurve der freien IES-Konzentration (nicht dargestellt) zu entnehmen ist. NFK fand sich im Wein ebenfalls weniger als im Most. Der Abbau von NFK direkt zu AAP ist im Prinzip möglich, nach HOENICKE (2002) wird NFK allerdings nicht in nennenswertem Umfang zu AAP umgesetzt. Ein

weiterer Abbauweg von NFK läuft über Kynurenin zu AA. In der Regel nahm NFK nur um wenige mg/L ab; eine Ausnahme war 1995 bei sehr hohen Werten im Most zu verzeichnen. Die übrigen Tryptophan-Derivate nahmen in der Gärung i.d.R. so stark zu, daß diese Ergebnisse den Wein-Konzentrationen entsprachen und dort diskutiert werden.

5.5.4 Gärgeschwindigkeit

Die Gärgeschwindigkeit ist bei der Vinifikation von großer Bedeutung. Eine zu schnelle Gärung führt zum Versieden der Weine durch zu starke Temperaturentwicklung, vor allem natürlich in Großgebinden. Eine gemäßigte Gärgeschwindigkeit hat dagegen nachweislich höhere Konzentrationen an fruchtigen Gäraromen aus der Gruppe der Ester zur Folge. Eine zu langsame Gärung birgt aber die Gefahr der Gärstockung mit unvollständig vergorenen Weinen. Die Gärführung ist heute ein wichtiges Einflußmittel in der Kellertechnologie geworden, wobei sie je nach gewünschtem Weintyp eher kühl und gezügelt oder rasch erfolgt. Die aufgenommenen Gärkurven der CO₂-Entwicklung wiesen sowohl Jahrgangseinflüsse als auch Düngungseinflüsse auf (Abb. 39, 40).

Die Jahrgangseinflüsse waren zu Beginn der Gärung sehr hoch und nahmen mit fortlaufender Gärung ab. Die Jahrgänge 1995, 1996 und 1997 wiesen sich durch eine besonders rasch einsetzende Gärung aus. Die stärkste Gärung, ausgedrückt anhand der täglichen CO₂-Produktion fand sich in diesen Jahren am 1. (!), bzw. am 4. und 3. Tag. Dabei lagen die Jahre 1995 und 1996 mit über 12 g CO₂/L Tagesproduktion deutlich vor 1997 (9,7 g/L) und dem nächsthöheren Jahr 1998 mit 9,1 g/L. Dieser Jahrgangseffekt war zum einen von der Konzentration der Aminosäuren beeinflusst. Hohe AS-Konzentrationen begünstigten eine schnellere Gärung (PRIOR 1997). Aber man kann deutlich erkennen, daß weitere Einflüsse eine Rolle spielten, sonst wäre die Gärgeschwindigkeit 1997 nicht so hoch gewesen. Unter diesen Umständen kann auch die Grenze von 150 mg AS-N/L im Most als Indikator für guten Gärverlauf in Frage gestellt werden. RAPP & VERSINI (1996) machen die Grenze unter anderem an der Produktion aromawirksamer Substanzen fest.

Ein niedrigerer Endvergärungsgrad bedeutet restsüße Weine. Da die Weine außer der notwendigen Schwefelung und Filtration keine Bearbeitungsmaßnahmen erfuhren, stachen die Varianten unvollendeter Gärung durch Restsüße gegenüber trockenen Weinen vor allem in der Sensorik heraus, ein Problem, welches im folgenden nochmals aufgegriffen wird. Der Endvergärungsgrad kann als weiteres Kriterium für die Mindestanforderungen an die AS-Konzentration im Most herangezogen werden. Eine niedrigere Gesamt-CO₂-Produktion bedeutet bei den ziemlich einheitlichen Mostgewichten zwischen den Varianten eine höhere Restsüße, also Zuckerkonzentration, im Wein. Dies gilt umso mehr, als die ungedüngten Varianten höhere Mostgewichte aufwiesen, die CO₂-Produktion dagegen niedriger war. Auch bei diesem Kriterium kann nicht von einer festen AS-Konzentration als Grenze für gute Vergärbarkeit ausgegangen werden. Bei den Jahrgängen 1995 und 1998 wirkten sich die unterschiedlichen AS-Konzentrationen (155-309 mg AS-N/L) im Most nicht aus, alle Weine wiesen eine leichte Restsüße auf. Selbst im Jahr 1996 mit AS-Konzentrationen von durchschnittlich 490 bzw. 630 mg N/L in den ungedüngten bzw. mit 60 kg N/ha gedüngten Varianten waren die Weine mit 13 bzw. 15 g Restzucker/L nicht durchgegoren. Die Weine aus den Nullvarianten von 1994, 1997 und

1999 blieben dagegen in der Gärung stecken, was in Restzuckergehalten von über 20 g/L resultierte. Da neben dem Jahr 1996 auch in den Jahren 1994 und 1999 die Weine aus der hochgedüngten Variante gut durchgegoren waren, ohne nennenswerte Restzuckergehalte aufzuweisen, kann anhand der AS-Konzentration bestenfalls innerhalb eines Jahres auf die Vergärbarkeit geschlossen werden.

5.6 Weininhaltsstoffe

5.6.1 Mineralstoffe

Beim Eindampfen und Veraschen des Weines bleiben die Mineralstoffe und Spurenelemente in der Asche zurück. Der zuckerfreie Extrakt (g/L) und die Asche (g/L) stehen im Verhältnis 10:1 zueinander, sofern nicht mit kellerwirtschaftlichen Methoden die Mineralstoffgehalte stark verändert wurden (WÜRDIG & WOLLER 1989). Nach SCHWAB (2001) geben die Mineralstoffe dem späteren Wein Substanz und Fülle, bestimmen den Restextrakt und sind damit eindeutig positiv mit der Gesamtqualität verknüpft, weshalb sie einen Qualitätsparameter für den Wein darstellen. Nach von SCHENK (1998) liegt die Bedeutung der Mineralstoffe positiv im Abpuffern der Weine, weitere sensorische Auswirkungen sind aber nicht vorhanden.

Die P-Konzentrationen im Wein waren etwas stärker vom Jahrgang beeinflusst als im Most (Abb. 41). Es fanden sich ansonsten aber die gleichen Verhältnisse mit entsprechend hohem Erklärungsanteil der Düngung von 50% an der Gesamtstreuung.

Die übrigen Mineralstoffe im Wein reagierten auf Jahrgangseinfluß und Düngungseinfluß wie für den Most schon erläutert (Tab. 62). Die Unterschiede in der Gesamt-Mineralstoffkonzentration (Summe der beim Gesamtaufschluß erfaßten Nährstoffe) in den Weinen war maßgeblich von der N-Konzentration im Wein geprägt (nicht dargestellt). In den besser versorgten Jahren lag der Wert mit 1,7 g/L (1997), bzw. 1,3 g/L (1995, 1998) über den Werten in den übrigen Jahrgängen (1995, 1999: 1 g/L; 1994: 0,8 g/L). Die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten sind minimal; bezieht man N mit ein, so stieg die Mineralstoffkonzentration leicht mit der Stickstoffdüngung, im anderen Fall sank sie (aufgrund von P) leicht ab.

5.6.2 Aminosäuren und Gesamt-N

Die AS im Most werden als Qualitätskriterium diskutiert, stellen aber auf jeden Fall einen guten Indikator für die N-Versorgung der Rebe dar (TROOST 1980, LÖHNERTZ et al. 1998, SCHWAB 2001). Trotz der starken Reduzierung der AS während der Gärung blieben die im Most beobachteten Verhältnisse im Wein erhalten. Somit lassen sich alle im Moststadium festgestellten Differenzierungsmöglichkeiten anhand der Konzentration an Gesamt-AS-N ebenso im fertig ausgebauten Wein treffen (Abb. 43). Die gut versorgten Jahrgänge 1995, 1996 und 1999 lagen in der Konzentration mit 150 mg AS-N/L (außer 1995 selbst in den Nullvarianten) deutlich über den übrigen Jahren. Innerhalb der Jahrgänge übte die N-Düngung wiederum einen hoch signifikanten Einfluß auf die AS-N-Konzentrationen aus. Bei den einzelnen AS gibt es dagegen große Unterschiede im Vergleich zum Most (Abb. 44-47). Arginin blieb zwar im Mittel die häufigste AS, Prolin

fand sich im Wein aber im Schnitt am zweithäufigsten, da Glutamin in der Gärung sehr stark reduziert wurde. Die Verhältnisanteile unterlagen aber sehr viel stärkeren Jahresschwankungen als im Most. So nahm z.B. der prozentuale Anteil von Prolin-N am Gesamt-AS-N im Wein in den Nullvarianten der Stressjahre auf über 80% zu. Prolin und Tryptophan waren nur wenig verändert.

Die AS im Wein haben kaum eine Bedeutung als sensorisch wirksame Substanzen, da ihre Konzentrationen eher unter der Geschmacksschwelle liegen (BLESER 1999). Der Umbau von Glutamin zu sensorisch ungünstigen Aromastoffen wurde von RAPP (2004, mündliche Mitteilung) berichtet. Dies käme aber lediglich in den Jahren mit allgemein guter Stickstoffversorgung der Reben in Frage, in den anderen Jahren liegt in Weinen praktisch keine Glutamin mehr vor. Weiter spielen die AS im Wein natürlich eine Rolle als Hefenährstoffe im Falle einer Sektvergärung, dies wird bei STOCKHORST (2003) thematisiert, war bei vorliegendem Versuch aber nicht von Bedeutung.

Die Gesamt-N-Konzentrationen im Wein korrelierten eng mit den Konzentrationen im Most (Abb. 42). Sowohl Jahrgangseinfluß als auch Düngungseinfluß wirkten sich auf dieselbe Weise aus. Aus diesen Gründen kann auf eine weitere Erörterung der Einflüsse verzichtet werden. Die Absolutwerte lagen aufgrund der Abnahme bei der Gärung nun entsprechend niedriger. Der Anteil von AS-N am Gesamt-N war kleiner, da während der Gärung die AS von den Hefen aufgenommen wurden. Auch die Nicht-AS-N-Fraktion nahm bei der Gärung ab, die Verteilung blieb aber dieselbe wie im Most. Weiterhin übte der Jahrgang einen starken Einfluß aus, mit deutlich höheren Konzentrationen in den Jahren mit hohen Ausgangskonzentrationen an N im Most.

5.6.3 Tryptophan-Derivate und antioxidatives Potential

Neben Tryptophan sind die Tryptophan-Derivate potentielle Vorläufer des UTA verursachenden AAP. Bei der oxidativen Bildung von AAP werden zwar Tryptophan, IMS und IESEE in geringem Maße umgesetzt, die freie IES spielt aber mit einer Umsatzrate um 20% mit großem Abstand die wichtigste Rolle (CHRISTOPH et al. 1998). Während im Most nur sehr geringe freie IES-Konzentrationen gefunden wurden, kamen in den Weinen i.d.R. deutlich höhere Werte vor (Abb. 53). Der hohe Jahrgangseffekt von 60% der Gesamtvariabilität konnte nicht mit den Witterungsverhältnissen korreliert werden. Es konnte lediglich bemerkt werden, daß in dem Ausnahmejahr 1996 mit den deutlich kälteren Tagestemperaturen auch die freie IES-Konzentration im Wein (6 µg IES/L) deutlich abfiel. Dem steht das Jahr 1998 mit den höchsten IES-Konzentrationen (43 µg/L) entgegen, wobei in diesem Jahr die zweitniedrigste Durchschnittstemperatur in der physiologisch wichtigen Reifephase (Juli-Sep.) gefunden wurde. Ein Düngungseinfluß konnte nicht festgestellt werden.

MATTIVI et al. (1999) bestimmten Tryptophan, TOH und IES in italienischen Chardonnay-Weinen des Jahrgangs 1997 auf fruchtbaren und unfruchtbaren Standorten. Sie fanden mit 30 µg IES/L bei wenig fruchtbaren Böden rund 50% höhere Konzentrationen als bei fruchtbaren Böden. HOENICKE (2002) veröffentlichte Ergebnisse zu IES und anderen Tryptophan-Derivaten in Kerner-Wein in den Jahrgängen 1996-1999. Sowohl die gesamten, als auch die freien IES-Konzentrationen waren dabei

1998 am höchsten und 1999 am niedrigsten. Andere Tryptophan-Derivate wurden nicht nach Jahrgang differenziert dargestellt, ebensowenig erfolgten Angaben zu Unterschieden im Wein aufgrund weinbaulicher Einflüsse. POUR NIKFARDJAM et al. (2005) fanden bei Weinen aus Riesling im Durchschnitt 35 µg/L, bei Sauvignon 40 µg/L IES. Eine Behandlung mit Gibberellinsäure führte zu höheren Konzentrationen an IES (Riesling: 85 µg/L, Sauvignon: 55 µg/L).

Beim vorliegenden Versuch korrelierte die Konzentration von Gesamt-IES nicht mit der freien IES im Wein ($r^2 < 0,001$). Auch die Gesamt-IES im Most stand nicht in Zusammenhang mit der freien IES, die im Wein nach der Gärung gefunden wurde (nicht dargestellt). HOENICKE (2002) fand dagegen bei früher Lese niedrige Gesamt-IES im Most und hohe freie IES im Wein. Sie folgert eine höhere IES-Bildung der Hefen aufgrund von Stresszuständen. Der Jahrgangseffekt bewirkte überdurchschnittlich hohe Gesamt-IES-Konzentrationen im Jahr 1997 und noch sehr hohe Konzentrationen in 1996 und 1999. Auch hier fällt es schwer, die Witterung ursächlich dafür verantwortlich zu machen. Die Gesamt-IES-Einlagerung in die Trauben korrelierte dagegen sehr gut mit der AS-Einlagerung. Der nun zu beobachtende Jahreseinfluß im Wein war deshalb in großem Maß von der Gärung geprägt. Ein Zusammenhang zwischen IES-Konzentrationen im Most und im Wein war nicht gegeben ($r^2 = 0,006$). Dies bestätigt die Ergebnisse von HOENICKE (2002). Die Tryptophan-Derivate NFK, MTHCC und TOH im Wein zeigten einen hohen Jahrgangseinfluß, der mit der AS-Konzentration im Most korrelierte (Abb. 48-52). Dabei fanden sich bei NFK und MTHCC wie auch bei den AS in den Jahren 1995, 1998 und 1996 in dieser Reihenfolge deutlich höhere Konzentrationen als in den übrigen Jahren. TOH reagierte dagegen umgekehrt und korrelierte negativ mit den AS im Most. In den schlecht versorgten Mosten 1994, 1997 und 1999 wurde deutlich mehr TOH in der Gärung gebildet. Der Düngeeinfluß bei NFK erwies sich als jahrgangsabhängig: in den gut versorgten Jahren stieg die NFK-Konzentration stark mit der N-Düngung an. MTHCC und TOH im Wein wiesen dagegen keinen Düngeeinfluß auf. Nach MATTIVI et al. (1999) waren in Chardonnay-Weinen von unfruchtbaren Standorten die TOH-Konzentrationen mit durchschnittlich 1100 µg/L sogar fünf mal so hoch wie in den gut versorgten Varianten.

Antioxidantien spielen eine wichtige Rolle bei der Vermeidung von AAP. Empirische Befunde zeigten, daß Rotweine und Weißweine mit (künstlich) hohen Phenolkonzentrationen kein UTA bekommen (KÖHLER et al. 1996, SPONHOLZ et al. 1997, SCHWAB et al. 1999). Die antioxidative Wirkung der Phenole bzw. anderer Radikalfänger vermindert die Bildung von AAP aus IES nach der Schwefelung (CHRISTOPH et al. 1998, HOENICKE 2002). Im vorliegenden Versuch wurde das antioxidative Potential im Wein in der Tendenz durch eine N-Düngung negativ beeinflusst (Abb. 55). Dies steht in Übereinstimmung mit der Tatsache, daß bei N-Mangel von Reben (und vielen anderen Pflanzen) aufgrund unspezifischer Stressreaktionen vermehrt Phenole in Blätter und Früchte eingelagert werden (LÖHNERTZ et al. 2002, HILBERT et al. 2003). Der Einfluß weinbaulicher Maßnahmen auf das antioxidative Potential in Trauben und Wein ist trotz seiner Bedeutung bezüglich der UTA-Problematik noch wenig untersucht. Dies beruht nicht zuletzt auf der schwierigen Analytik. HOENICKE et al. (2002) befanden sowohl die TEAC-Methode als auch die PCL-Methode und eine weitere enzymatische Methode der Antioxidantienbestimmung für Most als nicht geeignet. Es ergaben sich aufgrund aktiver Phenoloxidasen keine reproduzierbaren Werte. In Wein

fanden HOENICKE et al. (2002) eine höhere antioxidative Kapazität bei später Lese. GILLOT (2002) stellte dagegen eine Abnahme während der Reifephase fest. Eine Dauerbegrünung ergab nach HOENICKE et al. (2002) höhere Konzentrationen an Antioxidantien im Wein, was aber nur mit der PCL-Methode und nicht mit der enzymatischen Methode bzw. der TEAC-Methode festgestellt werden konnte. Diese wenigen und widersprüchlichen Ergebnisse zeigen den dringenden Forschungsbedarf in dieser Richtung.

5.6.4 Aromaprofil

Aromastoffe sind maßgeblich für die Beurteilung der Weinqualität. Das komplex zusammengesetzte Weinaroma wird durch das Zusammenspiel mehrerer hundert chemisch verschiedener Verbindungen geprägt (RAPP 1989). Die originär in Trauben vorkommenden Terpene sowie die sekundären Gäraromen (höhere Alkohole, Ester) wurden mittels Kaltron-Extraktion bestimmt. Trotz der Einschränkung, daß für diese Analytik lediglich ein Wein pro Variante gemessen wurde, ist sehr deutlich, daß hauptsächlich der Jahrgang, mit Erklärungsanteilen zwischen 30 und 95%, die Aromastoffe beeinflusste (Tab. 78-80). Die N-Düngung zeigte dagegen einen geringen Einfluß auf die Aromen, der sich bei Erklärungsanteilen von i.d.R. unter 20% bei keinem Aromastoff absichern läßt.

Da der Jahrgangseinfluß aus mehreren verschiedenen gleichzeitig auftretenden Einflußgrößen besteht (Witterung, Lesezeitpunkt, Gesundheit, etc.) läßt sich nur bedingt auf einen Witterungseinfluß auf die Aromen schließen. Die Stoffgruppe der höheren Alkohole zeigte als einzige eine Beeinflussung durch die kühlere, feuchtere Witterung (1995, 1996, 1998). In diesen Jahren, die auch hohe AS-Konzentrationen im Most vorwies, war (2- und 3-) Methylbutanol im Wein signifikant niedriger. Dies gilt in der Tendenz auch für 2-Phenylethanol. Im Prinzip ist dieses Verhalten auf einen Sekundäreffekt des vergärbaren N im Most zurückzuführen.

Demgegenüber zeigten die Fettsäuren eine Tendenz zu erhöhtem Vorkommen in Wein in Jahrgängen mit höherem Mostgewicht (1996, 1997, 1998). Die Terpene sind die Stoffgruppe mit den geringsten Düngungseffekten und den höchsten Jahrgangseffekten (75-97% Anteilziffer). Es fällt auf, daß die Jahre 1997 und 1998 regelmäßig höhere Konzentrationen an Linalooloxid und Neroloxid aufweisen; diese Aromen korrelierten mit dem Mostgewicht signifikant positiv mit einem Bestimmtheitsmaß um 20%. Beim Linalool wurde dagegen in der Tendenz eher ein negativer Zusammenhang mit der Zuckerkonzentration im Most beobachtet, was mit den hohen Konzentrationen 1999 einhergeht. Die Ester – maßgeblich am fruchtigen Aroma der jungen Weine beteiligt – zeigten die stärkste Abhängigkeit von der N-Düngung. Allerdings zeigte sich kein einheitlicher Düngungseinfluß auf die Konzentration von iso-Butylacetat, so daß die hohe Anteilziffer (47%) eher zufälliger Art war.

Der Jahrgang 1996 mit sehr gut versorgten Mosten wies extrem hohe Konzentrationen Hexylacetat und Caprylsäureethylester, sowie unterdurchschnittliche Konzentrationen von Ethylacetat und Propionsäureethylester auf. Die Mostgewichte korrelierten nicht nennenswert mit den Aromen dieser Stoffgruppe. Dagegen ließ sich die Streuung der

Ethylester der Capron-, Caprin-, und Caprylsäuren mit der AS-Konzentration im Most hoch signifikant zu 60% erklären. Dementsprechend war ein Großteil des festgestellten Jahrgangeinflusses auf die Aromastoffe auf die Stickstoffversorgung zurückzuführen. Man kann somit folgern, daß die N-Düngung für die Bildung dieser Aromen ebenfalls von Bedeutung ist; sie konnte aber in diesem Versuch aufgrund des wesentlich stärkeren Einflusses des Jahrgangs und des reduzierten Datenumfangs nicht abgesichert werden. Diese Ergebnisse sind mit denen in der Literatur vergleichbar.

WEBSTER et al. (1993) fanden ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen N-Düngung und Terpenkonzentration in Rieslingweinen. SPONHOLZ et al. (2001) fanden bei einem Vergleich eines flachgründigen mit einem tiefgründigeren Standort ebenfalls keinen einheitlichen Einfluß auf die Terpene. Dagegen ist der Einfluß der N-Düngung bzw. der N-Versorgung der Moste auf die höheren Alkohole durch mehrere Arbeiten belegt. In der Regel finden sich bei einer N-Düngung vermehrt höhere Alkohole im Wein (RAPP & VERSINI 1996). Insbesondere 2-Phenylethanol ist bei N-Mangel erhöht (WEBSTER et al. 1983, RAPP & VERSINI 1996) aber auch weitere „Fuselöle“ wie 2-Methylbutanol und 3-Methylbutanol, nicht jedoch Propanol und 2-Methyl-Propanol (OUGH & BELL 1980, RAPP & VERSINI 1996). Die Ester, vor allem die Acetatester korrelieren positiv mit der N-Versorgung der Rebe und der AS-Konzentration im Most (OUGH & LEE 1981, WEBSTER et al. 1993, RAPP & VERSINI 1996, WERWITZKE 2002). Dies entspricht auch den tendenziell höheren Esterkonzentrationen in der „ungestressten“, tiefgründigeren Variante bei SPONHOLZ et al. (2001). Den AS kommt dabei nicht nur Indikatorfunktion zu, sondern sie sind Ausgangsstoff für die Aromenbildung. Dies zeigt sich auch darin, daß sich die Beeinflussung der Aromenbildung ebenfalls durch Dotierung von Aminosäuren (RAPP & VERSINI 1996) oder Gärtsalzen (BOSSO 1996) erreichen läßt.

5.6.5 S-haltige Aromastoffe

S-Komponenten im Wein können einen starken Matrixeffekt auf die sensorische Ausprägung ausüben. Dabei können sich diese Stoffe sowohl negativ als auch positiv auswirken (RAUHUT 1996, RAUHUT & KÜRBEL 2002). In den letzten Jahren treten UTA-Noten zunehmend vergesellschaftet mit Böckern auf (KREBS & BÄRMANN 2005). Im vorliegenden Versuch kamen Methylthioacetat und Methylthiopropylacetat vor allem 1999 vor (Kap. 3.6.5.5). Wie Ethylthioacetat traten sie unregelmäßig und oft unter der Nachweisgrenze auf, so daß hier keine Aussage getroffen werden kann. Methional kam in allen Jahrgängen und Düngegraden in deutlichen Mengen im Wein vor, ein Zusammenhang zum Jahrgang (Witterung, Lesezeitpunkt) und zur N-Düngung wurde nicht gefunden (Tab. 84). Methyltetrahydrothiophen-3-on wurde in den Jahren mit höherem Mostgewicht deutlich weniger im Wein gefunden. In den übrigen Jahren korrelierte die Konzentration positiv mit der N-Düngung (Abb. 57). Methionol und Ethyl-3-thiomethylpropionate zeigten starke Wechselwirkungen zwischen Jahrgang und N-Düngung: In den Stressjahren nahmen die Konzentrationen im Wein mit der Düngung ab, in den übrigen Jahren war dagegen kein Effekt bzw. in der Tendenz sogar eine Zunahme mit der Düngung festzustellen (Abb. 58). Benzothiazol war dagegen in den ungedüngten Varianten erhöht. Eine positive Korrelation zwischen AAP und einer S-Komponente konnte nur für Methyltetrahydrothiophen-3-on mit $r^2 = 0,24$ gefunden werden (nicht dargestellt). Methional korrelierte nicht mit AAP. RAUHUT & KÜRBEL (2002) fanden

dagegen eine gute Übereinstimmung zwischen hohen AAP-Werten und den Methionalkonzentrationen im Wein. Darüber hinaus wurde mit bis zu 150 µg/L nahezu dreimal so viel Methional gefunden. Allerdings wiesen die untersuchten Weine auch deutlich höhere AAP-Konzentrationen auf.

5.6.6 o-Aminoacetophenon

Die hoch aromawirksame Substanz AAP ist die sensorische Hauptverursacherin der UTA-Note (RAPP et al. 1993, GEßNER et al. 1995). Neben zu früher Lese werden Stressbedingungen wie Wasser- und N-Mangel als weinbauliche Ursachen von UTA und dementsprechend AAP-Bildung angesehen (WOHLFAHRT 1993, LÖHNERTZ 1996, SCHWAB et al. 1996, MÜLLER 2000). Es konnte gezeigt werden, daß AAP hoch signifikant durch den Jahrgang wie auch durch die Düngung beeinflusst wurde (Tab. 81). Die beobachtete Beeinflussung entspricht jedoch keinesfalls den Erwartungen bzw. den bisher geäußerten Zusammenhängen zur UTA-Bildung (Abb. 56). Zwar fanden sich im Jahr 1996 bei der besten Stickstoffversorgung im Most auch die niedrigsten AAP-Konzentrationen und im Jahr 1999, dem Jahr mit den niedrigsten AS-Konzentrationen im Most, entsprechend die höchste AAP-Bildung. Im Jahr 1998, in dem die Moste ebenfalls sehr gut mit N versorgt waren, wiesen die Weine aber höhere bzw. gleich hohe Werte auf wie in den Stressjahren 1997 bzw. 1994.

Das gleiche gilt für den Risikofaktor „frühe Lese“, der mit niedrigeren N- bzw. AS-Konzentrationen im Most korreliert ist: Der spät gelesene Jahrgang 1996 wies die niedrigsten AAP-Konzentrationen auf, die früh gelesenen Jahre 1994 und 1999 die höchsten. Auch in Bezug auf den Einfluß des Lesezeitpunkts fällt der Jahrgang 1998 heraus. Obwohl er zwei Wochen später als der 1994er und vier Tage später als der 1997er gelesen wurde, lag er mit seinen AAP-Konzentrationen nicht signifikant unterscheidbar zwischen den Jahren 1994 und 1997. Der negative Effekt einer frühen Lese auf AAP, wie ihn KÖHLER et al. (1995) feststellten, zeigte sich im direkten Vergleich innerhalb eines Jahres, wobei der Unterschied zwischen früher und später Lese zwei Wochen betrug. Diese Bedingungen waren hier natürlich nicht gegeben. Im vorliegenden Versuch wurden die Trauben, wenn es der Gesundheitszustand zuließ, spät geerntet. Der oben diskutierte Lesezeitpunkt kommt somit nur eingeschränkt als Faktor in Frage.

Nach SCHWAB et al. (2001) kann der UTA durch eine Lese zur „physiologischen Reife“ verhindert werden. Dies kann nach den hier vorliegenden Ergebnissen nicht bestätigt werden. Der Lesezeitpunkt war in allen Varianten gleich. Die Festlegung der „physiologischen Reife“, bzw. die genaue Definition ist sehr vage, alle Autoren setzen diesen Ausdruck in Anführungszeichen. Nach SCHWAB et al. (2001) gehören dazu neben den klassischen Qualitätsparametern Mostgewicht und Säure noch weitere wie Prolin-Konzentration und Aromeneinlagerung. WEISBRODT et al. (2002) bemerken dazu, daß die physiologische Traubenreife einen komplexen Vorgang darstellt, der sich nicht messen läßt. Um die physiologische Reife zu erreichen, ist nach SCHWAB et al. (2001) eine genaue Feinabstimmung des Lesezeitpunkts auf Vollreife der Trauben, Botrytis, Witterung, verfügbare Arbeitskräfte und Verarbeitungskapazität nötig.

Der Trockenheit wird eine wichtige Rolle bei der UTA-Entstehung zugesprochen (RAPP & VERSINI 1995, LÖHNERTZ 1996, MÜLLER 2002). Nach SPONHOLZ et al. (1997) führt ein Wasserdefizit in der Zeit zwischen Reifebeginn und 60° Oe (Sink 2) zu UTA-Jahrgängen. SCHWAB et al. (1996) fanden eine hohe UTA-Gefährdung, wenn in Sandboden die Bodenfeuchte unter 30 % nFK fiel. Im vorliegenden Versuch lagen die Bodenwassergehalte in allen Jahren noch deutlich über dem permanenten Welkepunkt (Abb. 6, Tab. 1). 1994 war während der Sink-2-Phase ein Bodenwassergehalt von 43% nFK zu verzeichnen, 1997 lag dieser Gehalt bei 63% nFK. In den übrigen Jahren betrug der Bodenwassergehalt zwischen 48 (1999) und 50% nFK (1996). Ein Wasserstress lag folglich nicht vor. Dennoch kann ein Teil des Jahrgangseinflusses auf die Bodenwassergehalte zurückgeführt werden: Die niedrigeren AAP-Konzentrationen im Wein des Jahrgangs 1997 im Vergleich zu 1994 und 1998 korrelieren mit dem Bodenwassergehalt.

Auch der Düngungseffekt verhielt sich konträr zu den bisherigen Vermutungen und Berichten: Die Weine aus den gestressten Nullvarianten zeigten deutlich geringere AAP-Konzentrationen als die gedüngten Varianten. Der Einfluß der N-Düngung auf die AAP-Werte lag insgesamt bei 17%. Im Mittel über alle Jahre lag die Konzentration in der Nullvariante mit 0,34 µg/L signifikant unter den gedüngten Varianten mit 0,49 µg/L bzw. 0,79 µg/L. Auch wenn sich dieser Effekt innerhalb der Jahre nicht mit 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit absichern ließ, so ist doch eindeutig, daß ein N-Mangel mitnichten zu erhöhten AAP-Konzentrationen und damit zu einer höheren UTA-Gefährdung führte. Dabei fiel das Jahr 1999 aus der Reihe; in allen N-Düngungsstufen fanden sich gleich hohe AAP-Werte. Im Unterschied zu den anderen Versuchsjahren wurde 1999 eine Ausdünnung durchgeführt. Falls dieser Eingriff die Verhältnisse beeinflusst haben sollte, müßten entweder in der ungedüngten Variante ohne Ausdünnung niedrigere AAP-Konzentrationen im Wein produziert worden sein, oder wäre umgekehrt ohne Ausdünnung in den gedüngten Varianten eine wesentlich höhere UTA-Belastung zu verzeichnen gewesen.

Jahrgangseffekt und Düngungseffekt erklären aber zusammen weniger als die Hälfte der Varianz in der AAP-Konzentration. Es stellt sich die Frage, wie sich die große Reststreuung erklären läßt. Weitere Parameter, die z.T. auch wieder vom Jahrgang und der Düngung beeinflusst sind, kommen in Frage. Hierzu zählt z.B. der sehr variable Ertrag, das Mostgewicht, die antioxidative Kapazität im Wein. Diese Punkte werden weiter unten erörtert.

Obwohl AAP die Schlüsselrolle bei der UTA-Note zukommt, wurden bisher relativ wenige weinbauliche Versuche mit AAP-Analysen durchgeführt bzw. veröffentlicht. Zudem wurden diese Arbeiten ohne Wiederholung angelegt, so daß die folgenden zitierten Ergebnisse nicht statistisch abgesichert sind. Der einzige Versuch mit N-Düngevarianten in der Literatur, bei dem eine Bestimmung von AAP im Wein stattfand, wurde in SEITER (2000) bzw. SPONHOLZ et al. (2001) veröffentlicht: Bei Silvaner-Reben wurde eine Düngung von 100 kg N/ha gegenüber einer Nulldüngung je auf einer begrüntem Fläche und einer Fläche mit einmaliger Bodenbearbeitung in den Jahren 1996-1998 durchgeführt. Die AAP-Werte bei Bodenbearbeitung lagen in allen Jahren unter denen der dauerbegrüntem Variante. Die Geruchsschwelle von 0,7 µg AAP/L wurde lediglich bei der Begrünung, und da nur in vier von den sechs Fällen erreicht. 1996 war

bei der Begrünung das AAP in dem Wein aus der Nullvariante deutlich erhöht, 1997 lediglich gering. 1998 wurde jedoch in dem Wein der 100 kg N/ha-Variante eine höhere AAP-Konzentration im Vergleich zur Nullvariante gefunden. Einschränkend muß hier erwähnt werden, daß zumindest 1998 die AAP-Analytik womöglich zu früh durchgeführt worden ist, so daß die AAP -Bildung erst begonnen hatte. Damit widersprechen die hier vorliegenden Ergebnisse sowohl im Jahrgangseffekt als auch im Düngungseffekt deutlich denen von SEITER (2000). Bei Untersuchungen zur Begrünung gegenüber offen gehaltenen Zeilen wurde ebenfalls in die Stickstoffversorgung der Reben eingegriffen. Gleichzeitig wurde aber auch der Wasserhaushalt verändert, ein Effekt, der womöglich überwiegt; auf jeden Fall können hier die beiden Faktoren nicht getrennt werden.

In der Literatur finden sich neben dem eben zitierten drei weitere Versuche zum Begrünungseinfluß auf UTA und AAP-Konzentration: Bei der frühesten Veröffentlichung zu diesem Themengebiet wurde in Weinen der Sorten Scheurebe (1989er), Silvaner (1991er) und Weißer Burgunder (1991er) kein Unterschied zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten gefunden (RAPP et al. 1998). Bei dem zweiten Versuch handelt es sich um den bisher umfangreichsten weinbaulichen UTA-Versuch. Er wurde an Kerner in den Jahren 1996-1999 mit folgenden Varianten ohne Wiederholungen durchgeführt: Anschnitt (10 bzw. 20 Augen/Stock), Lesezeitpunkt (Vollreife, 2 Wochen frühere Lese), Entblätterung (Blattflächenreduzierung um 50%, ohne Entblätterung) und Bodenbewirtschaftung (offen, begrünt). Ergebnisse aus diesem Versuch wurden mehrfach veröffentlicht (SCHWAB et al. 1999, SCHWAB 2001, HOENICKE et al. 2001, HOENICKE 2002, HOENICKE et al. 2002). Die AAP-Analysen nach „normaler Lagerung“ der Jahrgänge 1996-1998 ergaben allesamt Konzentrationen unter 0,5 µg/L. Erst eine forcierte Alterung (der Jahrgänge 1996 und 1997) mittels Warmlagerung erbrachte Werte bis 1 µg AAP/L (1996) bzw. bis zu 2 µg AAP/L im Jahrgang 1997 (SCHWAB et al. 1999). Der Einfluß der Begrünung war uneinheitlich, vor allem 1996 waren die AAP-Konzentrationen bei Begrünung in der Tendenz entgegen den Erwartungen niedriger.

Bei dem dritten Versuch wurde im 1999er und 2000er (Riesling-) Wein aus der begrünnten Variante mehr AAP gefunden als in der Variante „offen gehaltenener Boden“. Auch verschiedene Blattdüngungsvarianten im Jahr 2000 ergaben niedrigere AAP-Werte als in der Begrünung, nicht jedoch unbedingt weniger als in der offen gehaltenen Variante (LÖHNERTZ et al. 2002). Bei einer weiteren Veröffentlichung war der Einfluß der Bodenbearbeitung nicht abschätzbar, weil mehrere Faktoren gleichzeitig geändert wurden: In Kerner-Weinen der Jahrgänge 1991-1994 aus denselben Flächen ergaben sich 1991 und 1992 wesentlich höhere AAP-Konzentrationen als 1993 und 1994, wobei die letzteren zwei Jahre nicht nur feuchter waren, sondern die Bodenbearbeitung früher erfolgte, der Anschnitt geringer war und das Ertragsniveau tiefer lag (RAPP & VERSINI 2002).

Damit überwiegen in der Literatur die Arbeiten, die eine negative Beeinflussung der Begrünung auf die AAP-Konzentration feststellten. Lediglich die Ergebnisse aus der forcierten Alterung der zwei Jahrgänge 1996 und 1997 bei SCHWAB et al. (1999) fügen sich hier nicht ein. Zum einen zeigt sich hier die Problematik, daß aufgrund der fehlenden Wiederholung die große Streuung auch als Interaktion mit den übrigen Faktoren zustande kommen konnte. Zum anderen stellt sich die Frage, inwieweit die forcierte Alterung tatsächlich die Entwicklung der AAP-Bildung wiedergibt; hierzu wurde bisher kein

Versuch veröffentlicht. Da nach der hier vorliegenden Arbeit bei einem isolierten Einfluß einer Stickstoffmangelversorgung weniger AAP entstand, kann gefolgert werden, daß der negative Begrünungseinfluß auf einem Wasserdefizit beruht und nicht auf der Stickstoffkonkurrenz.

Es fand sich eine starke Streuung der AAP-Konzentrationen innerhalb der einzelnen Düngevarianten eines Jahres. Im folgenden soll beleuchtet werden, ob dafür eine Ursache erkennbar ist. Die Schwankungen können den einzelnen Versuchspartellen nicht zugeordnet werden. Partellen, deren Wein in einem Jahr sehr hohe Werte aufwies, konnten im nächsten Jahr niedrige AAP-Konzentrationen besitzen. Eine womöglich im Boden bzw. in der Parzelle steckende verborgene oder übersehene statische Komponente kann damit als Ursache ausgeschlossen werden. Sämtliche jahrgangsspezifischen Einflüsse wie Witterung oder Lesezeitpunkt fallen weg, da hierin keine Unterschiede innerhalb der Düngungsvarianten eines Jahrgangs zu finden sind. Da die langjährige Stickstoffdüngung aber viele Parameter neben den Mostinhaltsstoffen beeinflusst wie z.B. Blattfläche, Schnittholzgewicht, Blattchlorophyll, Ertrag, Mostgewicht kann in diesen Parametern auch über die Jahre hinweg die UTA-verursachende Komponente stecken. Die N-Düngung umgekehrt wäre – statistisch gesehen – nur „Sekundärfaktor“.

Auf alle Versuchsjahre bezogen lag das Bestimmtheitsmaß zwischen den N-Gaben und den resultierenden AAP-Konzentrationen im Wein hoch signifikant bei 0,12 (Tab. 90). Innerhalb der Jahre fand sich 1999 kein Zusammenhang. 1995 lag das Bestimmtheitsmaß bei 0,69; aufgrund der geringen Anzahl an AAP-Analysen ist dieser Wert aber nur bedingt aussagefähig. In den übrigen Jahren lag r^2 zwischen 0,14 und 0,35. Einflußfaktoren, die die AAP-Streuung besser als die N-Düngung erklären, müssen somit höhere Bestimmtheitsmaße aufweisen. Die N_{\min} -Gehalte im Boden bieten sich an, um die Streuung innerhalb der Varianten zu erklären, da sie im Mittel der N-Düngung folgen, aber innerhalb der Düngungsvarianten erheblich variieren. Die späten Bodenprobetermine zeigten auch hoch signifikant positive Korrelationen zur AAP-Konzentration, darüber hinaus kann aber die Streuung innerhalb der Düngungsvarianten nicht erklärt werden (Tab. 90, Abb. 66).

Ein hohes Ertragsniveau wird als Hauptursache bei der Ausbildung von UTA gesehen (LÖHNERTZ 1996, MÜLLER 2002, WALG 2003). In den verschiedenen Jahren erklärte der Ertrag die AAP-Bildung jedoch nicht besser als die N-Düngung: Die r^2 -Werte innerhalb der Jahrgänge lagen ebenso oft über wie unter den entsprechenden Werten der N-Düngung. Der Ertrag unterlag sehr hohen Jahrgangsschwankungen. Diese korrelierten jedoch nicht mit dem AAP im Wein (Tab. 67, Abb. 91). Der ertragsstärkste Jahrgang 1997 wies niedrigere AAP-Werte auf als der 1998er Jahrgang. Dabei wurden beide Jahrgänge spät gelesen, der 1998er sogar noch etwas später als der 1997er, und wiesen überdurchschnittlich hohe Mostgewichte auf, wiederum in der Tendenz der 1998er etwas höhere. Zudem war der Witterungsverlauf 1998 mit höheren Niederschlägen (leider ein Großteil im Oktober) ebenfalls eher günstig und die Stickstoffeinlagerung in die Trauben nahezu doppelt so stark wie 1997. Es lassen sich folglich keine der gängigen Gefährdungssituationen ausmachen, die erklären würden, daß trotz der hohen Ertragsbelastung der 1997er Jahrgang eine geringere AAP-Belastung aufwies als der 1998er. Die Ertragshöhe 1999 wurde im Versuchsfeld durch eine Ausdünnung zum Reifebeginn stark gesenkt (ca. um 30%). Kurz vor der Ernte wurde aufgrund der

entstandenen Essigfäule nochmals stark ausgedünnt (ca. 50%); diese zweite Ausdünnung hatte mit Sicherheit keine physiologische Auswirkung mehr, verhinderte aber die Bestimmung des Traubenertrags. Im Rheingau war das Ertragsniveau 1999 von allen Versuchsjahren am höchsten. Entsprechend dem negativen Einfluß eines hohen Ertragsniveaus müßte die AAP-Konzentration ohne Ausdünnung noch höher gewesen sein, auf jeden Fall war aber auch eine deutliche Ausdünnung nicht in der Lage, die hohe UTA-Belastung im Stressjahr 1999 zu vermeiden. Die Regressionsberechnungen zeigten, daß der Ertrag insgesamt keinen Einfluß auf AAP hatte, auch nicht, wenn nur innerhalb der einzelnen Düngestufen verglichen wird, um die Effekte der N-Düngung auf den Ertrag auszuschließen (Tab. 91, Abb. 67).

Innerhalb der einzelnen Jahre zeigte die Ertragshöhe zwar einen Erklärungsanteil am AAP im Wein, der der N-Düngung entsprach. Dies ist aber nicht aussagekräftig, da 1995 (bei geringerer Probenzahl) die höchste Anteilsziffer festgestellt wurde, die Korrelation aber in diesem Jahr negativ war, während ansonsten positive Regressionskoeffizienten gefunden wurden. Der Ertrag konnte in diesem Versuch also die AAP-Bildung auch nicht ansatzweise erklären.

Das Mostgewicht korrelierte in der Tendenz negativ mit AAP (Tab. 91). Wiederum konnte 1995 dagegen eine konträre Reaktion (positive Korrelation) festgestellt werden. Dagegen zeigte die Säurekonzentration im Most eine wesentlich stärkere Korrelation zu AAP. Höhere Konzentrationen an Säure korrelierten dabei mit niedrigeren AAP-Konzentrationen im Wein. Mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,2 über alle Jahre hinweg konnte die Varianz der AAP-Streuung mit der Mostsäure besser als mit der N-Düngung erklärt werden. In den einzelnen Jahren zeigten sich jedoch niedrigere Regressionskoeffizienten mit der Mostsäure und zudem 1996 eine positive Korrelation. Vor allem die Streuung innerhalb der Nullvariante (einschließlich Jahrgangseffekt) korrelierte gut mit den Säurekonzentrationen ($r^2 = 0,4$).

Die Tryptophan-Derivate im Wein können zu AAP umgewandelt werden; für diese potentiellen Vorstufen konnte somit eine positive Korrelation zum gebildeten AAP vermutet werden. Dabei spielt die freie IES mit den hohen Umsetzungsraten mit Abstand die größte Rolle. Wird IES in unnatürlich hohen Gaben dem Most vor der Gärung zugesetzt, so finden sich nach der Gärung etwas höhere AAP-Konzentrationen im Wein. Vor allem steigt aber die AAP-Bildung im Laufe der Lagerung (SPONHOLZ et al. 2001). Auch CHRISTOPH et al. (1998) finden mit steigender IES-Zugabe zum Jungwein eine stärkere AAP-Bildung. Demzufolge war eine positive Korrelation zwischen freier IES und gebildetem AAP zu vermuten. Dies konnte in diesem Versuch nicht bestätigt werden (Tab. 92, Abb. 68). Bis auf 1999 nahmen die AAP-Konzentrationen hingegen mit zunehmender IES ab. Dabei konnten mit der freien IES lediglich ca. 10% (nicht signifikant) erklärt werden. Auch 1999 lag das Bestimmtheitsmaß in dieser Höhe, wobei die Korrelation allerdings ausnahmsweise positiv war. Auf alle Jahre bezogen, zeigte die IES ebenfalls keinen Zusammenhang mit der AAP-Bildung. Es ist bemerkenswert, daß selbst sehr niedrige Konzentrationen an freier IES im Wein zu hohen AAP-Konzentrationen führen konnten. Selbst Konzentrationen unter 3 µg/L ergaben sensorisch wirksame AAP-Werte von bis zu 1 µg/L. Es ist also nicht möglich, hier Mindestmengen an IES für die UTA-Gefährdung festzumachen. Auch bei den von HOENICKE (2002) veröffentlichten Daten fand sich eine Bildung von 0,7 µg/L AAP, trotz einer IES-Konzentration unterhalb der

Nachweisgrenze. Man kann also nicht, wie POUR NIKFARDJAM et al. (2005) angeben, von 50 µg/L als kritischem IES-Wert ausgehen.

Die IMS wird nach HOENICKE (2002) bei Warmlagerung zu 1mol% zu AAP umgesetzt. Bei IMS-Konzentrationen von bis zu 1000 µg/L kann folglich auch die IMS als Vorstufe zumindest zu einem bedeutenden Anteil zur AAP-Bildung beitragen. Es zeigten sich jedoch mit deutlich niedrigeren Bestimmtheitsmaßen ebenfalls mehrfach abnehmende AAP-Konzentrationen bei zunehmender IMS im Wein.

Von den Tryptophan-Derivaten zeigte TOH die stärksten Korrelationen zum AAP innerhalb der einzelnen Jahrgänge. Während die Korrelation bei allen anderen Tryptophan-Derivaten nicht signifikant war, fand sich bei TOH 1998 eine signifikante Korrelation mit $r^2 = 0,36$; 1996 und 1999 lag das Bestimmtheitsmaß unter 0,1. Doch auch hier handelte es sich um negative Korrelationen. TOH wird nach HOENICKE (2002) nicht zu AAP umgesetzt. Es beeinflusst also nicht als Substrat die AAP-Bildung, sondern kann nur als Indikatorparameter angesehen werden. Hier spiegelte sich folglich der Einfluß der N-Düngung wider, da besser mit N versorgte Moste zu niedrigeren TOH-Konzentrationen im Wein neigten. Dieser Effekt ist von höheren Alkoholen, die aus AS gebildet werden, bekannt (RAPP & VERSINI 1996) und wurde auch bei diesem Versuch bestätigt. Die übrigen Tryptophan-Derivate MTHCC, NFK und AA zeigten geringe, negative und nicht signifikante Korrelationen mit AAP.

Die gebundene IES wird nicht direkt zu AAP umgewandelt. Erfolgt im Laufe der Lagerung aber eine Hydrolyse, steht die gebildete freie IES für die oxidative Reaktion zu AAP zur Verfügung. Die gesamte IES-Konzentration im Wein zeigte keinen Zusammenhang mit AAP. Da die Tryptophan-Derivate im Wein für die AAP-Bildung direkt zur Verfügung stehen, besteht zwischen der Konzentration im Most und der AAP-Konzentration im Wein ursächlich ein geringer Zusammenhang. Entsprechend waren von diesen Parametern höhere Bestimmtheitsmaße zu erwarten. Auf den gesamten Versuchszeitraum bezogen korrelieren MTHCC und die gesamte IES hoch signifikant und wieder negativ mit AAP. Innerhalb der Jahrgänge zeigten beide Tryptophan-Derivate aber niedrigere, nicht signifikante und uneinheitliche Korrelationen. HOENICKE et al. (2001) stellten bei Kerner zwischen der Konzentration an Gesamt-IES im Most und dem resultierendem AAP im Wein keinen Zusammenhang fest. Die Konzentrationen an freier IES in Müller-Thurgau-Wein vor bzw. nach der Schwefelung sowie nach Hitzebehandlung der entsprechenden Weine korrelierten signifikant, wobei 50 bzw. 30% der Streuung an AAP erklärt werden konnte (HOENICKE 2002). Hierbei liegen aber womöglich nicht alleine Substrateffekte der IES zugrunde, sondern auch weitere versteckte Einflüsse, da die Proben aus verschiedenen Versuchsvarianten (Lesezeitpunkt, Gärtemperatur, Hefestamm) stammten. Die höchsten AAP-Konzentrationen (bei hoher freier IES-Konzentration) erlangten in diesem Versuch die früh gelesenen Varianten. Die spät gelesene Variante wies dagegen bei niedrigeren freien IES-Konzentrationen im Wein auch niedrigere AAP-Werte auf. Durch die zwei Wochen frühere Lese war nicht alleine die IES niedriger; es ist zu erwarten, daß z.B. auch die Aminosäuren, Mineralstoffe und Phenole beeinflusst waren. HOENICKE (2002) folgerte aufgrund der mit der Regression nicht erklärten Anteile auf weitere Einflußfaktoren der AAP-Bildung.

Es konnte gezeigt werden, daß die freie IES, als wichtigster Precursor für AAP, bei diesem Versuch in allen Weinen in genügender Menge vorhanden war, um einen UTA auszubilden. Die Umsetzung von IES zu AAP wird aber durch Phenole sowie andere Antioxidantien vermindert (CHRISTOPH et al. 1998, GEßNER et al. 1998). Somit kommt den Antioxidantien und nicht den Precursoren die steuernde Rolle bei der AAP-Bildung zu. Dies kann hier aber lediglich in der Tendenz bestätigt werden. In den beiden Jahren 1998 und 1999, in denen die antioxidative Kapazität der Weine erfaßt wurde, konnten damit nur etwas unter 10% der AAP-Streuung erklärt werden (Abb. 71). Selbst eine zweifaktorielle Regression der IES (als Vorstufe) und der Antioxidantien (als Regelsubstanzen) führte zu keiner besseren Korrelation mit der AAP-Bildung im Wein. Von Weinen aus gestressten Reben wird immer wieder berichtet, daß sie sensorisch als „phenolisch“ empfunden werden. Bei N-Mangel findet eine vermehrte Einlagerung von Phenolen in die Trauben statt (HILBERT et al. 2003); dies entspricht einer stereotypen Reaktion der Rebe auf Stress (LÖHNERTZ et al. 2002). Auch HOENICKE et al. (2002) stellten bei einem Stress aufgrund einer Dauerbegrünung ein größeres antioxidatives Potential fest. Insofern bietet es sich an, im vorliegenden Versuch die vermehrte Bildung von Phenolen bzw. Antioxidantien bei N-Mangel für die geringere AAP-Bildung in den Nullvarianten verantwortlich zu machen. Dies konnte aber nicht an dem hier benutzten Meßparameter des antioxidativen Potentials nach der PCL-Methode festgemacht werden.

Wenn Antioxidantien tatsächlich eine vorherrschende Rolle bei der IES-Umsetzung spielen, so kann sich dies in einem Summenwert nur widerspiegeln, wenn die einzelnen Antioxidantien in dem Maße zum Summenwert beitragen, wie sie in der Lage sind, die Oxidation von IES zu verhindern. Da AAP aus IES mittels Spaltung des Pyrrolrings gebildet wird, sind hierzu Superoxidradikale notwendig (HOENICKE et al. 2002). Die im vorliegenden Versuch angewandte PCL-Methode, die die Aktivität der Superoxid-Radikalfänger mißt, ist damit – zumindest in der Theorie – idealer Summenparameter der antioxidativen Kapazität in Bezug auf die AAP-Bildung. HOENICKE et al. (2002) verglichen die PCL-Methode mit einer enzymatischen Meßmethode, die ebenfalls spezifisch die Superoxid-Radikalfänger erfaßt, sowie mit der TEAC-Methode. Von der analytischen Seite war die PCL-Methode der enzymatischen Methode überlegen, da dort die Weinmatrix nicht störte. Zwischen der antioxidativen Kapazität und der UTA-Note im Wein fanden HOENICKE et al. (2002) eine negative Korrelation; dies wird weiter unten erneut aufgegriffen. Eine Regression zwischen antioxidativer Kapazität und AAP-Konzentration wurde von ihnen nicht veröffentlicht.

Es wurden weitere Parameter überprüft, inwiefern sie sich als Indikatoren zur UTA-Ausbildung eignen. Diese Parameter stehen nicht mehr in direktem ursächlichem Zusammenhang mit der AAP-Bildung, sondern es steht dabei die Frage im Vordergrund, ob sich damit möglichst frühe diagnostische Hilfsmittel an die Hand geben lassen.

Die Aminosäuren – sowohl in ihrer Gesamtheit als auch einzeln – sind dafür im allgemeinen nicht geeignet (Tab. 93, Abb. 69). Es fanden sich zwar im Vergleich zu den Tryptophan-Derivaten deutlich höhere und nun auch signifikante Korrelationen. Man muß allerdings feststellen, daß der Gesamtdatensatz bezüglich der AS signifikant negativ mit AAP korrelierte, während innerhalb der Jahrgänge positive Korrelationen gefunden wurden. Dies unterstreicht deutlich, daß den AS bestenfalls Indikatorfunktion zukommt.

Die negative Gesamtkorrelation beruht auf dem Jahrgangseffekt: In den Jahren mit hohen AS-Konzentrationen im Most fand sich weniger AAP im Wein. Die Korrelation war zwar für die Gesamt-AS, wie auch für viele einzelne AS (Arginin, Glutamin, Alanin...) signifikant, erklärte aber i.d.R. weniger als 10% der AAP-Schwankung. Zwar wurden 1999 mit den höchsten AAP-Konzentrationen im Wein die niedrigsten AS-Konzentrationen im Most gefunden, im Jahr 1998 mit ebenfalls hohen AAP-Konzentrationen waren die Moste aber sehr gut mit AS versorgt. Selbst im Mittel hingen somit die AS nur grob mit dem AAP zusammen. Einzige Ausnahme stellte Tryptophan dar, dessen Jahrgangsschwankung denen von AAP umgekehrt entsprach, so daß zwischen beiden eine negative Korrelation mit über 25% Erklärungsanteil festgestellt wurde. Innerhalb der Jahre fanden sich bei den meisten AS positive Korrelationen. Hier zeigte sich wieder der schon festgestellte Düngungseffekt. Nur in wenigen Jahren bei wenigen AS war die Korrelation stärker als bei der N-Düngung. Eine negative Korrelation fand sich auch innerhalb der Jahre bei den AS, die von der Düngung nicht beeinflußt werden, diese war aber im Durchschnitt noch weniger stark als bei den anderen AS. Tryptophan, welches auf alle Jahre bezogen die mit Abstand beste Korrelation zu AAP zeigte, wies in den vier Jahrgängen 1996-1999 jeweils ein Bestimmtheitsmaß unter 5% auf. Aufgrund des zur N-Düngung gegenläufigen Jahrgangseffekts sind die AS aus prinzipiellen Gründen kein geeigneter Indikator für die UTA-Gefährdung; hinzu kommen die niedrigen Korrelationen innerhalb der Jahre.

Es konnte gezeigt werden, daß die Angabe von Arginin und Prolin als relative Anteile den Jahrgangseinfluß stark minimierte. Dies wirkte sich auch auf die Regressionsberechnung aus. Der prozentuale Anteil von Arginin und Prolin an den Gesamt-AS, ebenso wie das Prolin/Arginin-Verhältnis korrelierten (mit dem Gesamtdatensatz) nicht mehr mit dem AAP. Dafür sind die Korrelationen innerhalb der Jahre wesentlich höher. Sie lagen von ihrem Bestimmtheitsmaß im selben Bereich wie die der N-Düngung, korrelierten aber nur in einigen Jahren besser mit AAP. Der Prolin-Anteil konnte als einziger Parameter im Jahr 1999 die AAP-Konzentration zu mehr als 10% erklären, korrelierte aber vor allem 1995 und 1996 schlechter als der Arginin-Anteil bzw. das Prolin/Arginin-Verhältnis. Bei einem Versuch mit vier Silvanerweinen aus Düngungs- und Begrünungsvarianten dreier Jahrgänge fanden SPONHOLZ et al. (2001) eine negative Korrelation zwischen dem ferm-N-Wert im Most und dem AAP im Wein mit r^2 -Werten zwischen 0,87 und 0,99. Neben der geringen Anzahl ist auch das niedrige Niveau der AAP-Konzentration problematisch; lediglich ein Wert in diesen drei Jahren lag über 0,7 µg/L.

Eine langsamere Gärung kann sich positiv auswirken. Der UTA-verringende Effekt soll dabei auf stärkeren Aroma der Weine infolge der langsameren Gärung beruhen. Die Gärstärke korreliert sehr gut mit der AS-Konzentration im Most. Dementsprechend wurden bei der Korrelation zwischen CO₂-Entwicklung bei der Gärung und AAP im Wein vergleichbare Verhältnisse wie bei den AS gefunden: Negative Korrelation beim Gesamtdatensatz, positive Korrelation innerhalb der Jahre. Dabei war die Korrelation zwar 1996 und vor allem 1997 besser als die der AS zu AAP. 1998 und 1999 fand sich dagegen kein Zusammenhang zwischen der CO₂-Produktion und der AAP-Bildung. Insgesamt kann die Gärgeschwindigkeit nicht die unterschiedliche AAP-Konzentration erklären und fällt als Indikator für die UTA-Gefährdung aus.

5.7 Sensorik

Die chemische Weinuntersuchung ist nicht in der Lage, die sensorische Qualitätseigenschaften von Weinen exakt wiederzugeben (JELLINEK 1981). Trotz einer Vielzahl von analytischen Daten bleibt damit eine sensorische Prüfung unablässig zur Beurteilung der Weinqualität. Auch bei der amtlichen Qualitätsweinprüfung spielt die Sensorik die Hauptrolle zur Bewertung und gegebenenfalls Ablehnung der Weine. Gleiches gilt für Prämierungen und nicht zuletzt für die Einschätzung durch den Endverbraucher. Neben der allgemeinen Weinqualität muß aus diesen Gründen insbesondere auch der UTA sensorisch erfaßt werden. In dieser Arbeit wurden weitere deskriptive Attribute bestimmt, da die Aromafülle die UTA-Ausprägung des Weins mitbeeinflußt (RAPP et al. 1993, CHRISTOPH et al. 1995). Neben Dreieckstest und Rangordnungsprüfung wurde das bei der amtlichen Qualitätsweinprüfung eingesetzte 5-Punkte-DLG-Schema zur Sensorik verwendet.

Die Nullvariante war im Dreieckstest i.d.R. im Vergleich zur hochgedüngten Variante signifikant unterschiedlich (Tab. 86). Allerdings ließen sich in keinem Jahrgang alle drei verkosteten Varianten (0, 60, 150 kg N/ha) signifikant voneinander unterscheiden. Dies wurde schon von früheren Verkostungen derselben Weine festgestellt (PRIOR 1997, BLESER 1999). Problematisch ist dabei, daß die Weine aus der Nullvariante oft aufgrund von Gärstockungen eine deutlich höhere Restsüße enthielten. Im Dreieckstest wurde dann lediglich der unterschiedliche Restzucker Gehalt der Weine festgestellt. Mit Sicherheit wären bei einer Angleichung der Restsüße der verschiedenen Weine häufig keine signifikanten Unterschiede mehr gefunden worden. In der Tendenz wurde die Nullvariante besser bewertet, lediglich 1995 schnitt die Nullvariante im Dreieckstest schlechter ab. Dabei ist natürlich die persönliche Präferenz der Prüfer entscheidend, da in diesem Test kein Standard für den besseren Wein vorgegeben wird; die Restsüße wird aber häufig als positiv bewertet. BLESER (1999) fand bei der früheren Beurteilung der 1995er Weine anhand des Dreieckstests keinen Zusammenhang mit der N-Düngung, vielmehr waren tendenziell die Weine mit höherem Restzucker Gehalt als „geschmacklich besser“ bewertet worden.

Der Rangordnungstest ist schwächer als der Dreieckstest; es finden sich dabei i.d.R. seltener signifikante Unterschiede, da gegensätzliche Prüferpräferenzen sich in der Wertung aufheben. Zwei unterschiedliche Weine werden dann als „gleich gut“ bewertet und sind nicht unterscheidbar. Dementsprechend fanden sich beim Rangordnungstest nur noch in zwei Jahrgängen (1995, 1999) absicherbare Ergebnisse (Tab. 87). In der Tendenz bleibt aber festzuhalten, daß in drei der sechs Versuchsjahre die Nullvariante am besten bewertet wurde, die hochgedüngte Variante wurde lediglich 1998 als bester Wein beurteilt. Die Weine aus der 60 kg N/ha-Variante lagen sogar vier mal mit auf dem ersten Platz.

Die Bewertung der Weine nach dem DLG-Schema bestätigten diese Ergebnisse (Tab. 88, Abb. 59, 60). In vier Jahrgängen (1994, 1996, 1998, 1999) erhielt die Nullvariante höhere Punktzahlen als die hochgedüngte Variante, bis auf 1996 war sie auch höher als die 60 kg N/ha-Variante. Für diese Bevorzugung der Nullvariante waren hauptsächlich die Attribute „Geschmack“ und „Harmonie“ verantwortlich. Im Attribut „Geruch“ wurde dagegen die Nullvariante schlechter bewertet. Hier spielte wiederum die höhere Restsüße

der Nullvariante vor allem 1994 und 1999 eine wichtige Rolle. Die früheren Verkostungen derselben Weine erbrachten ein ähnliches Ergebnis (PRIOR 1997, BLESER 1999). Beim jungen 1994er wurde die ungedüngte Variante im Geruch tendenziell besser und in Geschmack, Harmonie und Gesamtzahl signifikant besser beurteilt als Weine aus den 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 N-Düngung wurde bisher vornehmlich von positiven Effekten der Düngung berichtet (KANNENBERG 1993a, 1993b, RAPP & VERSINI 1996, MAIGRE 1998, SEITER 2000, ZIEGLER 2002). Seltener wurde kein Einfluß der N-Düngung auf sensorische Weinqualität gefunden (SCHWAB 1998, MÜLLER 1999). Bei diesen Arbeiten wurde die Weinqualität in der Regel als einfache Zahl, z.B. nach dem Rangzifferverfahren oder nach dem 5-Punkte-Schema festgestellt. Dadurch lassen sich keine Rückschlüsse ziehen, worauf diese Weinqualität beruht. Aus diesem Grund sollten weitere deskriptive Tests dies beantworten.

Der Dreieckstest wird als der sensibelste Test im Sensorikbereich angesehen, da lediglich die Unterscheidbarkeit zweier Weine festgestellt wird. Außerdem läßt er sich sehr gut für die statistische Absicherung handhaben (TROOST 1980). Gibt es im Dreieckstest keine Unterschiede, so müssen dementsprechend alle weiteren sensorischen Ergebnisse hinterfragt werden. Vielfach wird eine weitere sensorische Prüfung auch als nicht gerechtfertigt angesehen (FISCHER 1993). Dennoch ist selbst bei nicht signifikanten Ergebnissen im Dreieckstest eine weiterführende beschreibende Sensorik von Bedeutung wie die DLG 5-Punkte-Prüfung oder insbesondere eine qualitative deskriptive Sensorik. Aufgrund der unterschiedlichen Sensibilität der einzelnen Prüfer (u.U. auch nur in einzelnen Bereichen) sind bei einem Teil des Prüferpanels nicht-zufällige Ergebnisse zu erwarten, was sich in Unterschieden im Mittelwert niederschlägt. Außerdem empfindet ein Teil der Prüfer alle drei Weine beim Dreieckstest als unterschiedlich (regelmäßig wurde nachgefragt, ob die beiden identischen Weine egalisiert wurden!). Auch dieser Teil des Prüferpanels empfindet folglich Unterschiede zwischen den Weinen, selbst wenn bei der Bezeichnung des abweichenden Weins eine falsche Nennung erfolgte.

Die statistische Absicherung von Daten aus der deskriptiven Sensorik ist prinzipiell sehr schwer. Die einzelnen Prüfer streuen unterschiedlich stark und skalieren unterschiedlich, selbst bei gleichen persönlichen Geruchs- und Geschmacksschwellenwerten. So sind die Daten oft nicht normalverteilt, sondern schiefgipfelig oder sogar zweigipfelig (UTA-Attribut), wie eine Überprüfung zeigte (nicht dargestellt). CHRISTOPH et al. (1995) stellten selbst unter geübten Verkostern nicht immer einheitliche Bewertungen fest, wodurch die statistische Absicherung von Verkostungsergebnissen erschwert wurde. SEITER (2000) bemerkte, daß aufgrund der aufgetretenen relativ großen Unterschiede in der Einschätzung einzelner Prüfer die Subjektivität der sensorischen Prüfung ein methodisches Problem sei. Nach TROOST (1980) sind deskriptive Sensorikdaten keine Messungen, sondern Ermessenssache, weshalb die Ergebnisse nicht auf statistische Signifikanz überprüft werden dürfen (KOLBER, zit. TROOST 1980). Die hier angewandte Methode der quantitativen deskriptiven Sensorik sollte ebendieses Manko vermeiden (FISCHER 1993). Die Ergebnisse der deskriptiven Sensorik sind von

Bedeutung, auch ohne mit 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit absicherbar zu sein. Sie zeigen, wie die Ausprägung der Weine im Schnitt von den Verkostern empfunden wurde und erklären zumindest tendenziell, worauf die unterschiedliche „Weinqualität“ beruht, bzw. ob gegenläufige Effekte zu einer gleichen Qualitätszahl geführt haben.

Beim DLG-Test wird die Gesamtzahl von den Attributen Geschmack und Harmonie dominiert, die nach demselben Muster vergeben worden sind (Tab. 88, Abb. 59, 60). Die Weine aus der hochgedüngten Variante wurden bis auf 1995 in allen Jahrgängen im Geschmack schlechter bewertet als die Weine aus der Nullvariante und vorwiegend auch im Vergleich zur 60 kg N/ha-Variante. Die Nullvariante war vor allem in den Stressjahren 1994 und 1999 eindeutig besser als beide gedüngten Varianten. Für die gute Bewertung im Geschmack war hier vor allem wieder die höhere Restsüße verantwortlich. Die Bewertung des Geruchs weicht davon ab. Die Unterschiede sind nivelliert (1995-1997), oder mit der Düngung wurden die Weine im Geruch zunehmend besser bewertet (1998, 1999). Nur noch 1994 war die Nullvariante im Geruch etwas besser als die gedüngten Weine. Bei diesen Ergebnissen spielt das Alter der Weine zum Zeitpunkt der Verkostung eine wesentliche Rolle. Bei den relativ jung verkosteten Weinen (ca. 1 Jahr nach Füllung) aus den Jahrgängen 1998 und 1999 waren die Fruchtaromen noch vorherrschend, während die 1994er und 1995er Weine deutliche Reifenoten aufwiesen (Honig, Firne insbesondere 1995). Die Weine aus der Nullvariante des 1994er Jahrgangs wurden schon als junge Weine im Geruch tendenziell besser und in Geschmack, Harmonie und Gesamtzahl signifikant besser beurteilt als die der gedüngten Varianten (PRIOR 1997). Bei der früheren Verkostung des 1995er Jahrgangs wurde die Nullvariante mit 2,8 Punkten wesentlich besser bewertet als die 150 kg N/ha-Variante mit 1,4 Punkten (BLESER 1999).

Das niedrige Niveau der DLG-Qualitätszahl beruht auf den Umständen des Versuchsausbaus in Kleingebinden. Da keine Möglichkeit bestand, die Gärgebilde spundvoll zu halten, litt die Aromafülle der Weine. Die Weine verkosteten sich oft verschlossen und wenig fruchtig. Dies zeigte sich auch bei den Aromaattributen in der deskriptiven Sensorik (Abb. 61-63). Auf einer Skala von 0-10 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 als die länger gelagerten Weine. Aber auch der Jahrgang 1995 erwies sich nach drei Jahren Lagerung immer noch als fruchtiger im Vergleich zu dem ebenso lange gelagerten 1996er und dem 1997er nach zwei Jahren Lagerung. Die hohe N-Düngung wirkte sich 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 N-Düngung auf die Fruchtigkeit der Weine, 1994 und 1997 wirkte sich die Düngung tendenziell negativ aus.

Die Frucht der Weine verhält sich zur UTA-Note exakt gegensätzlich; hohe UTA-Werte korrelieren mit niedriger Fruchtigkeit. Nach Dotierungsversuchen mit AAP zu unbelastetem Wein steht dies in ursächlichem Zusammenhang (CHRISTOPH et al. 1995). Weine mit hoher AAP-Belastung verkosteten sich als weniger fruchtig. Dieser Effekt dürfte vor allem bei den Jahrgängen 1994-1997, die zur Verkostung schon älter als ein Jahr waren, zu der negativen Korrelation zwischen UTA und Frucht geführt haben. Die Aroma-

analysen, die auf zunehmende fruchtige Aromen mit der Düngung hinweisen, können ansonsten die sensorischen Ergebnisse nicht erklären. Auf der anderen Seite kaschiert eine hohe Fruchtigkeit den negativen Geruchseindruck von AAP und bewirkt niedrigere UTA-Noten. Dadurch zeigte der 1998er in allen Varianten praktisch keinen UTA (Abb. 64).

Auch die relativ geringe UTA-Belastung der 1999er Weine der gedüngten Varianten beruhte auf diesem Effekt. Die AAP-Analyse zeigt, daß in diesem Jahrgang alle Varianten gleich belastet waren. Die UTA-Nachverkostung zwei Jahre später fand dann nicht nur insgesamt höhere UTA-Noten, sondern auch eine stärkere Belastung der Weine aus den gedüngten Varianten (Abb. 65). Demzufolge profitierten die jungen Weine aufgrund der stärkeren Fruchtaromen in den gedüngten Varianten; bei den gealterten 1999ern war dagegen der kaschierende Matrixeffekt ohne N-Düngung höher. Dazu ist einschränkend zu bemerken, daß die AAP-Analyse zwei Jahre nach der ersten Verkostung durchgeführt wurde. Zum Zeitpunkt der Verkostung könnten die AAP-Konzentrationen in der Nullvariante tatsächlich entsprechend den sensorischen Ergebnissen über denen der gedüngten Varianten gelegen haben. Dies würde eine schnellere AAP-Produktion bei den Weinen der Nullvariante voraussetzen. Solche dynamischen Effekte bei der AAP-Bildung wurden jedoch bisher noch nicht untersucht.

Beim direkten Vergleich der Weine zum späten Verkostungstermin wurde aus Kapazitätsgründen nur die UTA-Note erfaßt. Es zeigt sich hier besser noch als bei den früheren Verkostungen, daß der 1996er nahezu frei von UTA war. Der 1998er dagegen entwickelte ebenfalls starke UTA-Noten, blieb aber etwas unter dem Niveau des 1997er Jahrgangs. Auch nach der nochmals zweijährigen Lagerung konnte bestätigt werden, daß die Wahrscheinlichkeit der Weine, UTA zu entwickeln, mit zunehmender N-Düngung höher wird. Dies widerspricht sowohl Mutmaßungen über die UTA-Entstehung, als auch den bisherigen Ergebnissen. Zur Fragestellung, inwieweit eine N-Düngung die Ausbildung des UTA beeinflußt, wurden bisher zwei Versuche veröffentlicht (SCHWAB et al. 1996, SEITER 2000). Da beide Arbeiten ohne Wiederholung durchgeführt wurden, geben die folgenden Ergebnisse nur Tendenzen wieder. Bei Müller-Thurgau wurden im Durchschnitt der Jahre 1992-1994 uneinheitliche Tendenzen bezüglich der N-Düngung gefunden (SCHWAB et al. 1996): Gegenüber der Nulldüngung waren die Weine bei 50 kg N/ha deutlich stärker mit UTA behaftet; bei einer Düngung von 100 kg N/ha lag die UTA-Bewertung im Schnitt etwas unter der ungedüngten Variante. Auf unterschiedlichen Standorten und bei Dauerbegrünung fand SEITER (2000) bei Silvaner und Müller-Thurgau in den Jahrgängen 1996-1998 mit zunehmender N-Düngung geringere UTA-Belastungen der Weine. In den Varianten mit einmaliger Bodenbearbeitung konnte i.d.R. kein Unterschied zwischen dem UTA-Aufkommen der Nullvariante und der mit 100 kg N/ha gedüngten Variante gefunden werden. Lediglich der 1997er Silvaner wurde deskriptiv nach verschiedenen UTA-Attributen (Akazienblüte, Lavendel, Mottenkugel) wie bei FISCHER & SPONHOLZ (2000) beschrieben verkostet. Entsprechend dem Aromagramm war die hochgedüngte Variante bei Bodenbearbeitung geringer, bei Begrünung aber stärker mit UTA behaftet als die Nulldüngung (SEITER 2000).

Bei der Nachverkostung wurden die einzelnen Feldwiederholungen verkostet. Hier bestätigten sich die analytischen Ergebnisse, daß unter den vier Weinen aus einer Düngevariante große Unterschiede in der Bildung eines UTA bestehen. Im Mittel zeigt sich so eine mit der Düngung deutlich zunehmende UTA-Belastung der Weine, die

aufgrund der starken Streuung (insbesondere in den gedüngten Varianten) anhand der analytischen Werte (AAP) nicht und anhand der sensorischen Ergebnissen nur in den extremen Varianten 1997 und 1998 absicherbar war (Abb. 56, 65). Es stellt sich im weiteren, wie schon für die AAP-Konzentrationen, die Frage, ob diese Streuung innerhalb der Varianten durch weitere Faktoren erklärt werden kann, bzw. ob andere Faktoren oder analytische Kenndaten im Most und Wein mit der UTA-Sensorik besser korrelieren als die N-Düngung.

Die Aromakomponente AAP ist unbestritten Hauptverursacher des Geruchs des UTA. Zu den postulierten weiteren Fehleraromen (wie Indol, Skatol, etc.) konnte bisher kein Zusammenhang gezeigt werden. Schon CHRISTOPH et al. (1995) fanden nur Indol-Werte in Wein, die deutlich unterhalb der Geruchsschwelle lagen. Die Geruchsschwelle für Skatol in 10% EtOH liegt eigenen Versuchen zufolge bei $0,1\mu\text{g/L}$, ab $1\mu\text{g/L}$ konnte der Geruchseindruck beschrieben werden (Mottenkugeln, dumpf, Naphtalinton). In Wein wurde im Dreieckstest erst eine Dotierung mit $1\mu\text{g/L}$ signifikant erkannt, wobei sich diese Konzentration im Durchschnitt noch nicht negativ auswirkte. Erst mit $3\mu\text{g Skatol/L}$ war der Wein eindeutig verdorben. Skatol-Werte bis zu 100 ng/L (HÜHN et al. 2002) können somit kaum einen UTA auslösen. Für die veröffentlichten Werte zwischen 5 und $30\mu\text{g/L}$ (HÜHN et al. 1998) aus demselben Versuch eines früheren Jahres erscheint es plausibler, von Konzentrationen im ng-Bereich auszugehen. Die Bedeutung der von CIOLFI et al. (1995) gefundenen AAP-ähnlichen aromaaktiven Substanzen wurde in keiner späteren Veröffentlichung weiterverfolgt.

Dennoch bleibt die sensorische UTA-Bewertung und nicht die AAP-Konzentration für die Qualität des Endproduktes Wein ausschlaggebend. Das AAP im Wein korrelierte erwartungsgemäß hoch signifikant mit der sensorischen UTA-Note (wie sie in der Nachverkostung ermittelt wurde). Entsprechend dem Geruchsschwellenwert von $0,7\mu\text{g/L}$ für etwas weniger als die Hälfte der Panelteilnehmer fanden sich in den Jahren mit den höheren AAP-Konzentrationen auch bessere Korrelationen zum UTA-Eindruck (Tab. 84, 95, Abb. 72). Dies entspricht den Ergebnissen eines Dotierungsversuchs von CHRISTOPH et al. (1995). Es wurde im Weißwein eine positive Korrelation mit $r^2 = 0,82$, im Rotwein sogar mit $r^2 = 0,94$ gefunden. Diese im Vergleich zu der vorliegenden Arbeit sehr hohen Korrelationen erklären sich dadurch, daß die Weine bis auf $4\mu\text{g AAP/L}$ aufdotiert wurden.

Zwei weitere – von AAP unabhängige – Einflußfaktoren auf die UTA-Note lassen sich direkt aus dem Zusammenhang zwischen AAP und UTA extrahieren: der Jahrgangseffekt und der N-Düngungseffekt. Der Jahrgangseffekt äußert sich darin, daß die gut versorgten Jahrgänge 1996 und 1998 bei gleichen AAP-Konzentrationen im Wein (im Durchschnitt) weniger UTA aufwiesen als die Jahrgänge 1997 und 1999. Warum? Jahre mit besserer N-Versorgung weisen höhere Restextraktgehalte auf, verkosten sich fülliger, während die Weine aus den Stressjahrgängen als dünn und wasserhell beschrieben wurden. Die Fruchtaromen verschwinden in allen Weinen unabhängig vom Jahrgang. In den Jahren mit gut versorgten Mosten entwickelten sich aber vermehrt positive Alterungsaromen wie Honig oder Petrolton, während die Weine aus Jahrgänge mit schlechter versorgten Mosten bei der Sensorik weniger positive Aromen aufweisen konnten.

Die frühe Lese wird allgemein als Ursache des UTA angesehen (KÖHLER et al. 1995, WOHLFARTH 1995, GEBNER et al. 1998, SCHWAB et al. 1999). In der Tat wurde der stark mit UTA belastete 1999er Jahrgang zwei Wochen früher geerntet als die Jahrgänge 1996 und 1998 und wies entsprechend niedrige Werte bei Mostgewicht, AS und Mineralstoffen im Most auf. Der 1997er Jahrgang wurde dagegen nur vier Tage vor dem 1998er gelesen und wies gleiche Zucker- und Säurekonzentrationen im Most auf. Die Düngung bewirkte, bei gleichen AAP-Konzentrationen, höhere UTA-Noten in gereiften Weinen. 1996, bei allgemein niedrigen AAP-Konzentrationen, konnte dies nicht gefunden werden. In den Jahren (1997-1999) wurden die AAP-Konzentrationen im Wein aber vor allem bei hohen N-Gaben sensorisch weniger kaschiert. Einen Einfluß nahmen sicherlich die höheren Restzuckergehalte in den ungedüngten Varianten (nicht in allen Jahren: 1998 war dies nicht der Fall). Welche weiteren Weininhaltsstoffe bei diesem Matrixeffekt eine Rolle spielen, kann nicht gesagt werden.

Die schwefelhaltigen Fehlgerüche nehmen mit der N-Düngung häufig ab und sind deshalb grundsätzlich nicht geeignet, die sensorischen Unterschiede zu erklären. Bei keinem dieser Aromastoffe fand sich ein nennenswerter Zusammenhang zum UTA. Zweifaktorielle Regressionen von AAP und den S-Aromen konnten die sensorische UTA-Note nicht besser erklären als AAP alleine. Eine positive Maskierung durch diese Aromen lag damit ebenfalls nicht vor. Ein starker Anstieg der Konzentrationen im Wein von der Nulldüngung bis zur hochgedüngten Variante fand sich lediglich im Jahrgang 1999 bei Methylthioacetat und Methyltetrahydrothiophenon, so daß nur hier kumulative Effekte vermutet werden können. Die fruchtig wirkenden Ester reagierten auf steigende N-Düngung eher mit zunehmenden Konzentrationen. Damit kann erklärt werden, daß die jüngeren Weine des 1999er von der Düngung profitiert haben. Die höheren Alkohole nahmen mit der Düngung ab, sie trugen zur Fülle des Weines bei und könnten die AAP-Konzentrationen bei niedrigerer Düngung sensorisch abgeschwächt haben (Tab. 78-80).

Häufig wird der Restextraktgehalt der Weine mit deren Körper in Verbindung gebracht. In der Regel geht man von reduzierten Extraktgehalten bei ungedüngten Reben aus. Dies würde aber eine bessere Maskierung des UTA in den gedüngten Varianten zur Folge haben. Der Extraktgehalt nahm im Versuchsjahr 1994 mit der Düngung zu, 1995 wurde aber keine Beeinflussung festgestellt (PRIOR 1997, BLESER 1999). Auch die Mineralstoffkonzentrationen, die nach WÜRDIG & WOLLER (1989) mit dem Extraktgehalt korrelieren, wiesen mit höheren P- und Mg-Konzentrationen in der Nullvariante nicht auf einen negativen Düngeeffekt hin (Tab. 61, 62, Abb. 41).

Selbst wenn sich in dem vorliegenden Versuch hohe Korrelationen zwischen dem analytisch bestimmten AAP und dem sensorischen UTA ergaben, so blieben doch hohe Reststreuungen. Niedriger UTA bei relativ hohen AAP-Werten kann mit einer Maskierung durch positive Aromen erklärt werden. Es fanden sich jedoch einige hohe UTA-Bewertungen mit AAP-Konzentrationen unterhalb der Geruchsschwelle. Dieses Phänomen wurde immer wieder beim Vergleich von sensorischen und analytischen Daten festgestellt (SPONHOLZ et al. 1997, SEITER 2000, HOENICKE 2002). Außerdem hat AAP das Aroma von Akazienblüte, demzufolge wird hinter einem „Naphthalin“ als UTA-Ausprägung ebenfalls eine andere Substanz als AAP vermutet (FISCHER & SPONHOLZ 2000). Dazu stellten RAPP et al. (1998) aber fest, daß je nach Erinnerungsvermögen der sachverständigen Prüfer ein und derselbe Wein mit

verschiedenen Attributen belegt wird. Auch scheint die Geruchsbeschreibung von AAP in gewissem Maße von der Konzentration abzuhängen, wie sich aus dem Geruchsschwellentest mit dem Sensorik-Panel ergab. Die niedrige Konzentration (0,7 µg/L) wurde von vielen Verkostern als positiv mit den Attributen fruchtiger, blumiger angegeben. Bei der höheren Konzentration wurde der Geruchseindruck nicht mehr als blumiger beschrieben und war deutlich negativer. Ähnliche Phänomene finden sich z.B. beim Geruch von Ethylacetat, welches in der Literatur mit „Ananas“ beschrieben wird (GUTH 1997), bei hohen Konzentrationen im Wein aber einen „Lösungsmittelton“ hervorruft, der an Klebstoff erinnert (DITTRICH 1987). In dem hier vorliegenden Versuch spielte sicher auch das fortgeschrittene Alter der Weine eine Rolle, so daß manche Prüfer eine normale Alterung fälschlicherweise mit hohen UTA-Noten belegten.

Der Ertrag wirkte sich auf die UTA-Note wesentlich stärker aus als auf die AAP-Konzentration (Tab. 96, Abb. 73). Die Regressionsberechnung konnte zwar nur in den Jahren 1996-1998 durchgeführt werden, hier betrug der Einfluß des Ertrags auf den UTA aber 10%, während auf dieselben drei Jahre bezogen AAP nur zu 1% vom Ertrag beeinflusst wurde. Diese bessere Korrelation kam aufgrund der niedrigeren UTA-Noten im Jahrgang 1998 im Vergleich zu 1997 zustande, die beide ähnlich hohe AAP-Konzentrationen aufwiesen. Zu der oben schon angeführten besseren N-Versorgung kam also noch ein niedrigerer Ertrag in den Jahren 1996 und 1998 hinzu, so daß diese Weine aufgrund ihrer Matrix weniger UTA-anfällig waren. Trotz großer Streuungen innerhalb der Düngevarianten im Ertrag können damit die Unterschiede zwischen AAP-Konzentration und sensorischer UTA-Note nicht erklärt werden. Auch Mostgewicht und Säure zeigten – über den Einfluß auf die AAP-Konzentration hinaus – keinen zusätzlichen Effekt auf den UTA (Tab. 96, Abb. 74).

Das antioxidative Potential korrelierte mit dem UTA im Wein deutlich stärker als mit der AAP-Konzentration (Abb. 75). Offensichtlich wurden bei der Bestimmung der Antioxidantien Stoffe erfaßt, die einen Maskierungseffekt auf die UTA-Note ausüben. Da das antioxidative Potential nur 1998 und 1999 bestimmt wurde, ist diese Aussage noch untersuchungsbedürftig. Dieser Effekt ist z.B. bei den Phenolen möglich, da sie sensorisch wirksam sind und die antioxidative Kapazität erhöhen. Es würde aber bedeuten, daß der Maskierungseffekt wesentlich über der Fähigkeit, als Radikalfänger zu fungieren, liegt. HOENICKE et al. (2002) fanden ebenfalls negative Korrelationen zwischen der antioxidativen Kapazität und UTA mit $r^2 = 0,36$. Hierbei wurde die antioxidative Kapazität der Superoxid-Radikalfänger allerdings enzymatisch erfaßt; die entsprechenden Werte nach der beim vorliegenden Versuch angewandten PCL-Methode korrelierten schlechter mit UTA. Da in der Veröffentlichung von HOENICKE et al. (2002) kein AAP gemessen wurde, läßt sich auch nicht schließen, inwiefern die negative Korrelation auf einer verminderten AAP-Bildung beruht, oder ob nur ein Effekt auf die UTA-Sensorik vorlag.

6 Schlußfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung zur Entstehung des untypischen Alterungstons wurde in den sechs Versuchsjahren 1994-1999 mit sehr unterschiedlicher Witterung durchgeführt. Durch die Einbeziehung von fünf (bzw. zur Sensorik drei) N-Düngungsvarianten mit 0-150 kg N/ha konnte der Einfluß einer stufenweise Erhöhung der N-Gabe mit dem einer besseren jahrgangsbedingten N-Versorgung verglichen werden. An den AS im Most läßt sich der hoch signifikante Düngungseinfluß sehr gut dokumentieren, der aber in seiner Wirkung vom **Jahrgangseinfluß** weit übertroffen wird. Demnach waren die Reben in den Jahren 1995, 1996 und 1998 gut versorgt; 1994, 1997 und 1999 waren Stressjahre. Dies wird durch weitere Parameter unterstützt (Mineralstoffe und N in Blatt und Holz). Extreme Witterungen wurden 1994 und 1996 festgestellt. 1994 war das heißeste und gleichzeitig trockenste Jahr, zudem wurden die Trauben sehr früh gelesen und das Mostgewicht war entsprechend niedrig. 1996 war das einzige Jahr mit Temperaturen unter dem langjährigen Mittel, die Lese fand sehr spät bei hohem Mostgewicht statt. Der Jahrgang 1999 fiel durch eine veränderte Anbautechnik heraus. Es fand nur in diesem Versuchsjahr eine Entblätterung und eine Ertragsbegrenzung durch Ausdünnung statt. Außerdem wurde 1999 die höchste Botrytisinfektion mit gleichzeitigem Essigfäulebefall festgestellt. Dies führte ebenfalls zu einem sehr frühen Lesezeitpunkt. Der Jahrgangseinfluß beruht damit auf einem nicht zu trennenden Variablenbündel von Witterung, Lesezeitpunkt, Gesundheitszustand und pflanzenbaulichen Maßnahmen.

Entscheidend für die sensorische Ausprägung und Stärke des UTA sind komplexe Matrixeffekte. Um die Auswirkung der Düngung auf UTA zu verstehen, muß die Wirkung der N-Versorgung auf den verursachenden Aromastoff AAP, sowie auf weitere fördernde (z.B. S-Aromen) und hemmende Komponenten (z.B. fruchtige Aromen, Mineralstoffe) einzeln betrachtet werden. Die N-Düngung erhöhte im Durchschnitt eindeutig die **AAP-Konzentration** im Wein. Die Reben der ungedüngten Varianten waren aber ganz klar unterversorgt (Wuchsbegrenzung, hellgrüne, kleine Blätter, Gärstockung). Es sind damit nicht unbedingt Stresszustände der Reben, welche den UTA hervorrufen, im Gegenteil waren bei diesem Versuch die sichtbar gestreßten Reben weniger UTA-gefährdet. Der Stressfaktor N-Mangel führte also hier zu widerstandsfähigeren Pflanzen – in Bezug auf den Fehlton AAP. Zu den wichtigsten Empfehlungen zur UTA-Vermeidung zählt ein Lesezeitpunkt zur Vollreife der Trauben, eine höhere physiologische Reife lag dagegen in der ungedüngten Variante sicher nicht vor. Im vorliegenden Versuch kann ein Wassermangel für die Reben aufgrund der Bodenwassergehalte ausgeschlossen werden. Damit stellten sich die gedüngten Varianten als ungestresst dar. Die Nährstoffversorgung war optimal, jede zweite Reihe wurde offen gehalten, die Laubarbeiten und Rebspritzungen wurden fachgerecht durchgeführt und ein Wasserstress lag ebenfalls nicht vor. Weder Laubfarbe noch Wüchsigkeit ließen einen Stress erkennen. Dennoch wiesen diese Varianten höhere AAP-Konzentrationen auf. Unterschiede in der Wasserversorgung zwischen den Düngevarianten sind aufgrund des stärkeren Wuchses der Reben als auch der Begrünung bei einer N-Düngung denkbar. Die Rolle des Wasserhaushalts bei der Entstehung des UTA muß noch genauer erforscht werden.

Die Düngung führte zu Unterschieden im Ertrag und in der Reifeentwicklung, welche als Hauptverursacher für UTA gelten. Dennoch wiesen diese Parameter keinen Einfluß auf die AAP-Bildung auf. Eine höhere N-Versorgung aufgrund jahrgangsbedingter Unterschiede

ging dagegen einher mit einer niedrigeren Bildung von AAP. Aus den Beobachtungen des Düngeeffekts kann man jedoch folgern, daß nicht das höhere N-Angebot, sondern jahrgangsbedingte Variablen (Wasserhaushalt, späte Lese) dafür verantwortlich waren. Dies bedeutet zudem, daß der von vielen Autoren beschriebene negative Effekt einer Begrünung auf die Wasser- und nicht auf die Stickstoffkonkurrenz zurückzuführen ist.

Worauf die Düngungs- und Jahrgangseffekte auf die AAP-Bildung beruhen, konnte nicht geklärt werden. Sowohl die Vorstufe IES als auch die Antioxidantien, welche die Umsetzung von IES zu AAP steuern, stehen nicht im entsprechenden Zusammenhang zu AAP im Wein. Die große Streuung der AAP-Konzentration in gleich behandelten Varianten konnte auch nicht mit anderen Parametern (Ertrag, Mg, N_{min}, AS...) erklärt werden. Es bleibt zu untersuchen, inwiefern die Gärung die Varianz hineinbringt; hierzu liegen bisher keine Ergebnisse vor.

Obwohl man sich sicher glaubt, mit der Kooxidation von IES den chemischen Bildungsweg von AAP identifiziert zu haben, muß man feststellen, daß das Wissen um die tatsächlichen Vorgänge im Wein noch sehr begrenzt ist.

Es konnte gezeigt werden, daß sehr viele **Qualitätsparameter** in Most und Wein von der Düngung beeinflusst wurden (Mineralstoffe, Aminosäuren, MG, Mostsäure). Andere Parameter, die die Qualität indirekt beeinflussen, wie Ertrag, Gesundheitszustand, Blattfläche, Chlorophyllgehalt, Altholzanteil und Speicherstoffe reagierten ebenfalls auf die N-Düngung. Eine unterlassene N-Düngung wirkte sich auf MG, Mostsäure, Mineralstoffe in Most und Wein, Gesundheitszustand und Ertrag eher qualitätsfördernd aus. Dagegen nahm mit zunehmender N-Düngung die Einlagerung der Aminosäuren in die Trauben zu, was ebenfalls als Qualitätsparameter gilt. Einzelne AS, wie z.B. Prolin zeigten dagegen keine Reaktion. Viele fruchtige Ester wurden durch eine bessere N-Versorgung gefördert. Dieser Effekt ist direkt am N im Most festzumachen, unabhängig davon, ob der N-Gehalt von Düngung, Jahrgang oder Most-Zusatz stammt. Die höheren Alkohole wurden dagegen bei einer N-Düngung weniger gebildet. Es ist aber schwer, dies zu bewerten. Sie könnten zur Fülle des Weines beitragen, sich aber auch negativ auf die Weinqualität auswirken. Die S-haltigen Aromen, welche womöglich den UTA-Eindruck von AAP verstärken, sich auf der anderen Seite aber auch positiv auswirken können, standen in dieser Arbeit nicht im Zusammenhang zu AAP bzw. zur N-Düngung.

Der **UTA** wurde zweimal erfaßt, um die Entwicklung im gereiften Wein zu dokumentieren. Die Weine aus den Stressjahren 1994, 1997 und 1999 erwiesen sich im Mittel als stärker mit UTA behaftet, es zeigte sich jedoch vor allem bei den später verkosteten Weinen ein Düngungseffekt in gleicher Höhe. Entgegen der bisher verbreiteten Ansicht wiesen die ungedüngten – gestressten – Varianten weniger UTA auf. Dies gilt auch für den drei Jahre alten 1999er. Bei der früheren Verkostung (ca. ein Jahr alt) wies dieser in den gedüngten Varianten keinen UTA, in der ungedüngten Variante einen starken UTA auf. Ein Grund für diesen gegensätzlichen Düngungseinfluß könnte in der Dynamik der AAP-Bildung liegen (nicht untersucht). Bei der ersten Verkostung wirkte sich die höhere Konzentration an fruchtigen Estern in den gedüngten Varianten maskierend aus. Später, nach Abbau dieser Fruchtaromen, kehrte sich der UTA-Eindruck um.

Die Beurteilung der Aromen ist problematisch, da ihr Zusammenwirken entscheidend ist. So können an sich negative Aromen in niedriger Dosierung positiv sein (was ebenfalls von der Weinmatrix abhängt). Insgesamt läßt sich sagen, daß junge Weine von der N-Düngung

durch die Bildung von Fruchtaromen eher profitieren. Bei älteren Weinen (mit abgebauter Frucht) führt eine Düngung nicht zu einer stärkeren Maskierung des UTA. Damit erklärt sich auch der Widerspruch zu den bisher beschriebenen Vorteilen einer N-Düngung zur Vermeidung des UTA. Interessanterweise zeigte sich beim gereiften Wein mit abnehmender Düngung eine stärkere Maskierung des AAP. Eine hohe Düngung wirkte sich negativ auf Lagerfähigkeit und andere als Fruchtaromen aus, z.B. auf höhere Alkohole.

Ein **Indikator** für die zu erwartende AAP-Bildung konnte nicht gefunden werden. Die AS im Most eignen sich nicht zur Vorhersage der AAP-Konzentration im Wein, weder die Gesamt-AS, noch einzelne AS wie Arginin, Prolin oder Tryptophan. Auch der Precursor IES im Wein, sowie andere (weniger wichtige) Vorstufen von AAP wie NFK, AA, IMS sind als Indikatoren ungeeignet. Dies gilt auch für das antioxidative Potential. Blatt-, Holz-, oder Bodenuntersuchungen geben ebenfalls wenig Aufschluß über das AAP im Wein.

Wie läßt sich der UTA verhindern? Nach den vorliegenden Ergebnissen ist eine moderate N-Düngung von 60 kg N/ha zu empfehlen, was auch der allgemeinen Empfehlung für den qualitätsorientierten Weinbau entspricht. Der Verzicht auf eine N-Düngung führte zwar zu niedrigerem AAP und UTA, kann aber aufgrund anderer Probleme wie Gärstörungen und vermehrter Bockserbildung nicht empfohlen werden. Eine wasserschonende Bodenpflege scheint sinnvoll. Eine möglichst späte Lese bleibt mit das wichtigste Instrument zur UTA-Vermeidung, vorausgesetzt Witterung und Gesundheitszustand der Trauben spielen mit. Es zeigte sich aber in diesem Versuch, daß trotz aller Maßnahmen ein UTA nicht sicher vermieden werden kann. Im Jahr 1999 wurde „alles richtig gemacht“. Es wurde eine starke Ertragsreduzierung durchgeführt sowie (wie alle Jahre) jede zweite Zeile offen gehalten. Eine späte Lese konnte aufgrund der Essigfäule nicht erfolgen. Um den Lesetermin hinauszuzögern, wurden jedoch die befallenen Trauben weggeschnitten. Trotzdem trat 1999 verstärkt UTA auf. Im Stressjahr 1997, aber auch im relativ gut mit N versorgten Jahr 1998 bei niedrigem Ertragsniveau und später Lese fanden sich „Ausreißer“ mit deutlichem UTA. Es stellt sich die (unbeantwortete) Frage: Warum bekam der eine Wein einen UTA und der andere – aus derselben Variante im selben Jahr – nicht? Es bleibt folglich weiterhin notwendig, nach geeigneten weinbaulichen Maßnahmen zur UTA-Vermeidung zu suchen und die Bildungsmechanismen aufzuklären.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Entstehung des untypischen Alterungstons (UTA) in Weinen der Rebsorte Riesling bei langfristig unterschiedlicher N-Düngung (0-150 kg N/ha). Es wurden die Jahrgänge 1994-1999 untersucht, wobei zu Beginn der Versuch schon acht Jahre lief. Es handelt sich dabei um einen Feldversuch im Rheingau, der unter Praxisbedingungen bewirtschaftet wurde. Neben der sensorischen UTA-Note wurde auch die verursachende Aromakomponente o-Aminoacetophenon (AAP) in den Weinen erfaßt. Es wurden im Zuge der deskriptiven Sensorik weitere Aromaeindrücke sowie weitere Aromen gaschromatographisch bestimmt, um die Ursache des Matrixeffekts beim Maskieren des UTA zu erfassen. Außerdem wurden zahlreiche Parameter in Wein, Most und Pflanzenmaterial (Blatt und Holz) sowie zur vegetativen und generativen Leistung der Rebe bestimmt. Besonderes Augenmerk wurde auf die möglichen Vorstufen von AAP, vor allem auf Indolessigsäure (IES) als wichtigsten Precursor gelegt. Es sollte die Frage geklärt werden, inwiefern die Vorstufen – oder auch andere Parameter – sich als Indikatoren einer UTA-Gefährdung eignen.

Ergebnisse:

Es ließen sich die schlecht mit N versorgten Jahre **1994, 1997, 1999 als Stressjahre** von den übrigen Jahrgängen (1995, 1996, 1998) differenzieren. Die niedrige AS-Einlagerung in die Trauben beruhte in den Stressjahren auf einer Kombination aus Witterungsbedingungen, Lesezeitpunkt und Gesundheitszustand.

Die langjährig variierte N-Düngung führte ebenfalls zu einer deutlichen Differenzierung der Varianten: Die ungedüngten Reben waren sichtbar gestreßt, wiesen kleinere, hellere Blätter auf und einen schwächeren Wuchs. Der Traubenertrag ging etwas zurück und das Mostgewicht wie auch die Mostsäure waren tendenziell erhöht.

Bei den gedüngten Varianten waren die hochgedüngten Reben (90 bzw. 150 kg N/ha) in Wuchs und Ertragsleistung von den moderat gedüngten (30 bzw. 60 kg N/ha) nicht unterscheidbar, in der Blattfarbe und der Einlagerung von AS zeigten sich aber Unterschiede.

Die IES liegt im Most zu 99% in gebundener Form vor. Die gesamte IES wurde nicht durch die N-Düngung beeinflusst, dagegen fand sich in den Stressjahren eine geringere Einlagerung in die Trauben. Aufgrund dieses Jahrgangeffekts korrelierten AS und gesamt-IES im Most; dieser Zusammenhang war innerhalb der Jahre nicht gegeben. Bei der Gärung entstanden große Mengen an freier IES. **Die freie IES im Wein stand nicht in Zusammenhang mit der ursprünglich im Most vorhandenen gesamten IES.** Es wurde ein hoher Jahrgangseffekt festgestellt, der nicht mit Witterung oder Reifegrad der Trauben korrelierte. **Ein Düngungseffekt wurde nicht festgestellt.**

Die AAP-Konzentration stieg im Mittel mit zunehmender N-Düngung an. Einzig 1999 wurde dies nicht beobachtet. Die Streuung in den Varianten war sehr hoch, so daß der Düngeeffekt in den einzelnen Jahren nicht statistisch absicherbar war. Im kalten Jahr 1996 wurden die geringsten AAP-Werte festgestellt, **die Stressjahre 1994 und 1999 wiesen die höchsten Konzentrationen auf.** **Die AAP-Konzentration stand nicht mit der freien IES im Wein oder dem antioxidativen Potential im Zusammenhang.**

Sekundäreffekte der Düngung wie Ertrag oder Mostgewicht konnten die AAP-Konzentrationen ebenfalls nicht erklären. **Es konnte kein geeigneter Indikator für die zu erwartende AAP-Bildung gefunden werden.** Die Konzentration an IES – unabhängig, ob in Most oder Wein, freie IES oder Gesamtkonzentration – korrelierte in keinem Jahr mit AAP. Auf alle Jahre bezogen korrelierten die Aminosäuren im Most (als Summe, wie auch einzelne AS wie Arginin, Prolin, Glutamin, Tryptophan) negativ mit AAP. Die AS eigneten sich aber dennoch nicht als Indikatorsubstanzen für die AAP-Bildung, weil der Zusammenhang innerhalb der Jahre positiv war (bei Arginin, Glutamin) bzw. kein Zusammenhang bestand (Prolin, Tryptophan). Ertrag und Mostgewicht korrelierten nicht mit der AAP-Konzentration.

In den Stressjahren 1994, 1997 und 1999 wurden durchschnittlich die stärksten UTA-Noten gefunden. Im einjährigen Wein wurde der UTA noch stark durch Fruchtaromen maskiert. So wurde im 1998er kein, im 1999er Jahrgang dagegen insbesondere in der Nullvariante ein starker UTA festgestellt. **Bei den gereiften Weinen wiesen die nicht gedüngten Varianten die niedrigsten UTA-Werte auf.** Der UTA in diesen Weinen konnte zu 30% mit der AAP-Konzentration erklärt werden. Der Matrixeffekt führte zum Teil zu der gefundenen Reststreuung. **Es zeigte sich, daß der Maskierungseffekt einerseits in den gedüngten Varianten und andererseits in Stressjahren schwächer ausgeprägt war.**

8 Literatur

- ACREE, T.E.; LAVIN, E.H.; NISHIDA, R.; WATANABE, S.; 1990: o-Aminoacetophenone, the "Foxy" Smelling Component of Labruscana Grapes. 49-52. In: Flavour Science and Technology. BESSIÈRE, Y.; THOMAS, A.F.; (eds.), Wiley, Chichester.
- AMANN, R.; SIGLER, J.; KREBS, H.; 2001a: Was ist hefeverfügbarer Stickstoff im Most? Der Badische Winzer 8, 30-33.
- AMANN, R.; SIGLER, J.; KREBS, H.; 2001b: Wenig Stickstoff im Most = viel UTA?. Der Badische Winzer 9, 16-21.
- AMANN, R.; SIGLER, J.; KREBS, H.; 2002: Stickstoff als Qualitätsparameter? Der Deutsche Weinbau 20, 12-18.
- AZNAR, M.; LÓPEZ, R.; CACHO, J.; 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.
- BACH, H.-P.; 2005: Untypischen Alterungston vermeiden. Die Winzer-Zeitschrift. 9, 32-34.
- BADER, W.; 1996: Das Rätsel um die UTA - Lösung in Sicht? Der Deutsche Weinbau 9, 16-21.
- BAEK, H.H.; CADWALLADER, K.R.; 1999: Contribution of free and glycosidially bound volatile compounds to the aroma of muscadine grape juice. J. Food Sci. 64 (3), 441-444.
- BALÓ, E.; MÁRTA, O.; GYÖNGY, P.; 1975: Die Rolle der Blattdüngung bei der Feststellung von Stickstoff-, Kali-, und Phosphorbedürfnissen der Weinanlagen. Weinberg und Keller 22, 423- 439.
- BALÓ, E.; PÁNCÉL, M.; PRILESKY, G.; KOLHALMÍ, M.; 1991: Über den Einfluß der K-Vorratsdüngung auf die K-Sättigung des Bodens, auf das N/K-Verhältnis der Weinrebenblätter sowie auf die Menge und Qualität des Weintraubenertrages. Wein-Wissenschaft 36, 407-412.
- BANDURSKI, R. S.; SCHULZE, A.; 1977: Concentration of indole-3-acetic acid and its derivatives in Plants. Plant Physiol., 60, 211-213.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D.; 1973: Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39, 205-207.

- BELL, S.-J.; 1991: The effect of nitrogen fertilization on growth, yield and juice composition of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon grapevines. In: Proc. Intern. Symp. on Nitrogen in Grapes and Wine, Seattle, Washington, USA, June 1991, 206-210. publ. by Am. Soc. Enol. Vitic.
- BERGMANN, W.; 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. 3. Aufl., Fischer Verlag, Jena und Stuttgart.
- BERGNER, K.G.; LANG, H.; 1971: Zum Gehalt deutscher Weine an einigen Schwermetallen und Brom. Wein-Wissenschaft 26, 185-193.
- BIDAN, P.; 1975: Relation entre la teneur des vins en alcools superieur et la teneur des moûts en substances azotées en particulaire en acides amines. 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. (c.v. Riesling) im Verlauf zweier Vegetationsperioden. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen; Geisenheimer Berichte Bd. 42.
- BÖS, R.; 1999: Einfluß einer langjährig variierten Stickstoffdüngung auf den Aminosäuregehalt und das Gärverhalten von Riesling. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- 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. 3, 3-28.
- CHRISTOPH, N.; BAUER-CHRISTOPH, C.; GEßNER, M.; KÖHLER, H.J.; 1995: Die „Untypische Alterungsnote im Wein“, Teil I: Untersuchungen zum Auftreten und zur sensorischen Charakterisierung der „Untypischen Alterungsnote“. Rebe und Wein 48, 350-356.
- CHRISTOPH, N.; BAUER-CHRISTOPH, C.; GEßNER, M.; KÖHLER, H.J.; 1996: Die „Untypische Alterungsnote" im Wein, Teil VI: Untersuchungen zur Bildung von o-Aminocetophenon aus Produkten des Tryptophan-Stoffwechsels bei der alkoholischen Gärung. Rebe und Wein 8, 251-255.
- CHRISTOPH, N.; BAUER-CHRISTOPH, C.; GEßNER, M.; KÖHLER, H.J.; SIMAT, T.J.; HOENICKE, K.; 1998: Bildung von 2-Aminoacetophenon und Formylaminoacetophenon im Wein durch Einwirkung von schwefeliger Säure auf Indol-3-essigsäure. Vitic. Enol. Sci. 53, 79-86.
- CIOLFI, G.; GAROFOLO, A.; DI STEFANO, R.; 1995: Identification of some o-aminoacetophenones as secondary metabolites of *Saccharomyces cerevisiae*. Vitis 34 (3), 195-196.

- CLEMENS, R.; 1992: Einfluß einer langjährigen N-Düngung auf den Mineralstoffhaushalt im Most bei der Sorte Riesling. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- CONRADIE, W.J.; SAAYMANN, D.; 1989: Effects of long-term nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on Chenin blanc vines. *Am. J. Enol. Vitic.* 40, 85-98.
- CURRLE, O.; BAUER, O.; HOFÄCKER, W.; SCHUMANN, F.; FRISCH, W.; 1983: *Biologie der Rebe*. Meininger Verlag, Neustadt.
- DELAS, J.; 1993: Nitrogen fertilization: Influence on berry, must, and wine components. *Progrès Agricole et Viticole*, 110, 139-142.
- DITTRICH, H.H.; SPONHOLZ, W.R.; 1975: Die Aminosäurenabnahme in Botrytis-infizierten Traubenbeeren und die Bildung höherer Alkohole in diesen Mosten bei ihrer Vergärung. *Wein-Wissenschaft* 30, 188-210.
- DOLLMANN, B.; RICHLING, E.; HERDERICH, M.; KÖHLER, H.J.; SCHWAB, A.; SCHMITT, A.; SCHREIER, P.; 1997: High performance liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry (HPLC-ESI-MS-MS) for the quantification of L-kynurenine and indole-3-acetic acid in grape must by isotope dilution assay. *Vitis* 36, 97-101.
- DOLLMANN, B.; SCHMITT, A.; KOEHLER, H.; SCHREIER, P.; 1996: Zur Entstehung des "untypischen Alterstones" in Wein: Bildung von 2-Aminoacetophenon in Modellstudien mit *Saccharomyces cerevisiae*. *Vitic. Enol. Sci.* 51 (2), 122-125.
- DOLLMANN, B.; WICHMANN, D.; SCHMITT, A.; KOEHLER, H.; SCHREIER, P.; 1996: Quantitative analysis of 2-aminoacetophenone in off-flavored wines by stable isotope dilution assay. *J. AOAC Intern.* 79 (2), 583-586.
- DÜRING, H.; 1977: Analysis of abscisic acid and indole-3-acetic acid from fruits of *Vitis vinifera* L. by high pressure liquid chromatography. *Experientia* 33, 1666-1667.
- EHRlich, M.; 1999: Chlorophyllgehalt und Chlorophyllfluoreszenz bei Blättern und Beeren der Sorte Riesling und einer langjährigen Stickstoffdüngung. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- EICHLER, P.; 1990: Mineralstoffgehalt der Blätter in Abhängigkeit vom Blattalter (nach Plastochronindex) und der N-Düngungsstufe. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- ELLENBERG, H.; 1977: Stickstoff als Standortfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. *Oecol. Plant.* 12, 1-22.

- EWART, A.; KLIOWER, W.M.; 1997: Effects of controlled day and night temperatures and nitrogen on fruitset, ovule fertility and fruit composition of several wine grape cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.* 28, 88-95.
- FABER, B.A.; ZASOSKI, R.J.; BURAU, R.G.; URIU, K.; 1990: Zinc uptake by corn as affected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Plant Soil* 129, 121-130.
- FERREIRA, V.; LOPEZ, R.; CACHO, J.F.; 2000: Quantitative determination of the odorants of young red Wines from different grape varieties. *J. Sci. Food Agric.* 80, 1659-1667.
- FIERHAUSER, G.; 1992: Qualitätswein- und Sektprüfung in Baden 1991. *Der Badische Winzer* 2, 58-59.
- FIERHAUSER, G.; KREBS, H.; 1996: Fehlerhafte Weine - Erfahrungen aus 25 Jahren Qualitätsweinprüfung in Baden. *Der Badische Winzer* 12, 30-34.
- FISCHER, U.; 1993: Sensorik – ein Beitrag zur Objektivierung der Weinqualität. Wein-Sensorik-Seminarunterlagen. 19. November 1993, Forschungsanstalt Geisenheim, Fachbereich Kellerwirtschaft.
- FISCHER, U.; SPONHOLZ, R.; 2000: Die sensorische Beschreibung der Untypischen Alterungsnote. *Der Deutsche Weinbau* 3, 16-21.
- FOX, R.; 1990: Stickstoffdüngung und Bodenpflege. *Der deutsche Weinbau* 45, 932-935.
- FOX, R.; 1995: Haben Bodenpflege und Stickstoffdüngung Einfluß auf die Weinqualität? *Rebe und Wein* 48, 87-91.
- FOX, R.; 1998: Einfluss von Bodenpflege und N-Düngung auf analytische Daten sowie die sensorische Beurteilung der Weine. *Proc. 12. intern. Kolloquium zur Begrünung im Weinbau, Vogtsburg-Oberrotweil, Kaiserstuhl*, 164-168.
- FOX, R.; RUPP, D.; 1998: Neue Wege bei der Pflanzfeldvorbereitung. Auswirkungen auf Wuchs, Blatt-Chlorophyllgehalt sowie Holz-, und Ertragsleistung. *Rebe und Wein* 7, 290-294.
- FRANCIS, I.L.; NEWTON, J.L.; 2005: Determining wine aroma from compositional data. *Austr. J. Grape Wine Res.* 11, 114-126.
- GÄRTEL, W.; 1966: Über die Düngung der Reben in intensiv bewirtschafteten Weinbaugebieten. *Weinberg und Keller* 13, 295-326.
- GEORGE, E.; RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H.; 1994: Contribution of Mycorrhizal Fungi to Micronutrient Uptake by Plants. In: MANTHEY, J.A.; CROWLEY, D.E.; LUSTER, D.G. (Hrsg.): *Biochemistry of Metal Micronutrient in the Rhizosphere*. CRC Press, Boca Raton

- GEßNER, M., KÖHLER, H. J., CHRISTOPH, N.; 1999a: Die „Untypische Alterungsnote“ im Wein, Teil VIII: Auswirkung von Inhaltsstoffen und Antioxidantien auf die Bildung von o-Aminoacetophenon. *Rebe und Wein* 52, 264-267.
- GEßNER, M., KÖHLER, H. J., CHRISTOPH, N.; 2000: Ascorbinsäure kann bei UTA helfen. *Der Badische Winzer* 4, 36-40.
- GEßNER, M.; CHRISTOPH, N.; SIMAT, T.; 1998: Neue Erkenntnisse zur Bildung von Alterungsnoten im Wein. Proc. 5. Intern. Symp. "Innovationen in der Kellerwirtschaft", Intervitis, Interfructa, Stuttgart 11./12.5.1998, 290-305.
- GEßNER, M.; KÖHLER, H.J.; CHRISTOPH, N.; BAUER-CHRISTOPH, C.; 1996: Die „Untypische Alterungsnote“ im Wein, Teil VII: Untersuchungen zur Bildung von o-Aminoacetophenon aus Produkten des Tryptophan-Stoffwechsels bei der alkoholischen Gärung. *Rebe und Wein* 8, 251-255.
- GEßNER, M.; KÖHLER, H.J.; CHRISTOPH, N.; BAUER-CHRISTOPH, C.; MILTENBERGER, R.; SCHMITT, A.; 1995: Die „Untypische Alterungsnote“ im Wein, Teil II: Beschreibende Verkostung von UTA-Weinen; Beziehungen zwischen Sensorik und chemisch-physikalischen Analysenwerten. *Rebe und Wein* 48, 388-394.
- GEßNER, M.; KÖHLER, H.J.; CHRISTOPH, N.; CURSCHMANN, K.; 1998: Möglichkeiten zur Vermeidung der Untypische Alterungsnote. *Der Deutsche Weinbau* 18, 18-21.
- GEßNER, M.; KÖHLER, H.J.; CHRISTOPH, N.; NAGEL-DERR, A.; KRELL, U.; 1999b: Die "Untypische Alterungsnote" in Wein. Teil IX: „Würzburger UTAFIX-Test“: Ein einfaches Diagnoseverfahren zur Früherkennung von Weinen mit UTA-Neigung. *Rebe und Wein* 9, 296-303.
- GILLOT, C.; 2002: Die Bedeutung von Aminosäuren als Reife- und Qualitätsindikator unter besonderer Berücksichtigung von Prolin bei den Sorten Chardonnay und Spätburgunder. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- GÖPFERT, A.; 1993: Auswirkungen einer differenzierten N-Düngung auf die Anreicherung N-haltiger Verbindungen sowie Mineralstoffen im ein- und zweijährigen Holz der Rebe, sowie eine Betrachtung der Einflüsse von Arginin und Gesamt-N in diesem Holz auf verschiedene Mostparameter im Jahr 1991. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- GRUBER, B.; 1997: Einfluß langjähriger Stickstoffdüngung auf Chlorophyllgehalt und Chlorophyllfluoreszenzverhalten bei *Vitis vinifera*. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.

- GRÜNWALD, M.; 2003: Chromatographische Untersuchungen zum Nachweis alterungsauslösender Inhaltsstoffe in Wein mit 2-dimensionaler Gaschromatographie. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- HAHN, W.; WOLF, A.; SCHMIDT, W.; 1979: Untersuchungen zum Stickstoffumsatz von *Tussilago farfara*- und *Agropyron repens*-Beständen. Verh. Ges. Ökologie 7, 169-174.
- HAMBACH, S.; LOOSEN, H.-T.; 1992: Untersuchungen zum Einfluß einer variablen Stickstoffdüngung auf die Photosyntheseleistung von *Vitis vinifera* (cv. Riesling). Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- HAMM, H.-U.; 1997: Einfluß von Stickstoffdüngung und Bodenpflege auf die mikrobiologische Diversität eines Rebstandortes. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- HEYDEN, F.; 2003: Optimierung der Nährstoffgehalte und der Aromaqualität durch Einsatz von Blattdüngern bei der Rebsorte Kerner. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- HILBERT, G.; SOYER, J.P.; MOLOT, C.; GIRAUDON, J.; MILIN, S.; GAUDILLERE, J.P.; 2003: Effects of nitrogen supply on must quality and anthocyanin accumulation in berries of cv. Merlot. *Vitis* 42 (2), 69-76.
- HOENICKE, K.; 2002: Untersuchungen zur Bildung von 2-Aminoacetophenon im Wein und Entstehung der "Untypischen Alterungsnote" (UTA). Dissertation, Universität Hamburg.
- HOENICKE, K.; SIMAT, T.J.; STEINHART, H.; CHRISTOPH, N.; GEBNER, M.; KÖHLER, H.J.; 2002: „Untypical aging off-flavor“ in wine: formation of 2-aminoacetophenone and evaluation of its influencing factors. *Anal. Chim. Acta* 458, 29-37.
- HOENICKE, K.; SIMAT, T.J.; STEINHART, H.; CHRISTOPH, N.; KÖHLER, H.J.; SCHWAB, A.; 1999: Determination of tryptophan and tryptophan metabolites in grape must and wine. *Adv. Exp. Med. Biol.* 467, 671-677.
- HOENICKE, K.; SIMAT, T.J.; STEINHART, H.; GEBNER, M.; KÖHLER, H.J.; SCHWAB, A.; CHRISTOPH, N.; 2001: Indolessigsäure in Mosten und Weinen – Bedeutung hinsichtlich der Ausbildung einer „Untypischen Alterungsnote“ (UTA) in Wein. *Proc. Intervitis Interfructa*. 6. Intern. Symposium: Innovationen in der Kellerwirtschaft; Stuttgart, Germany, 14.-16. Mai 2001, 113-123.
- HOFMANN, E.L.; HÜSTER, H.; 1991: Der Einfluß der Witterung während verschiedener Wachstums- und Entwicklungsphasen auf Ertrag, Mostgewicht und Säuregehalt der Sorte Riesling. *Wein-Wissenschaft* 46, 1-7.

- HOPPMANN, D.; SCHALLER, K.; 1981: Der Einfluß verschiedener Standortfaktoren auf Qualität und Quantität der Reben. 1. Mitt.: Entwicklung der Qualität in geringen und mittleren Jahren. Wein-Wissenschaft 36, 299-319. 2. Mitt.: Entwicklung der Qualität in guten und besten Jahren und im 11-jährigen Mittel. Wein-Wissenschaft 36, 371-377.
- HÜHN, T.; CUPERUS, S.; PFLIEHINGER, M.; SPONHOLZ, W.-R.; BERNATH, K.; PLATZWahl, W.; GROßMANN, M.; AMADÒ, R.; GALLI, J.; FRIEDMANN, A.; 2002: Einfluß von Umwelt- und Substrateffekten auf die Bildung von wertgebenden Weinhaltstoffen. Proc. Intern. Oenolog. Symposium Intern. Vereinigung f. Oenol., Betriebsführung und Weinmarketing e.V. Montpellier/Frankreich 10.-12. Juni 2002, 313-328.
- HÜHN, T.; SPONHOLZ, W.-R.; BERNATH, K.; FRIEDMANN, A.; HESS, G.; MUNO, H.; FROMM, W.; 1999a: The influence of high-energy short-wave radiation and other environmental factors on the genesis of compounds affecting the wine quality in *Vitis vinifera* L., c.v. Müller-Thurgau. Vitic. Enol. Sci. 54 (4), 101-104.
- HÜHN, T.; SPONHOLZ, W.R.; GROßMANN, M.; 1999b: Freisetzung unerwünschter Aromastoffe aus Pflanzenhormonen bei der alkoholischen Gärung. Vitic. Enol. Sci. 54 (14), 105-113.
- HÜTHER, S.; 2005: Einfluss von Reinzuchthefen und verschiedenen Gärhilfs- und Behandlungstoffen auf die Entstehung der untypischen Alterungsnote. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- JÄHNISCH, A.; 1998: Einfluß von UV-A und UV-B Strahlung sowie einer Teilentblätterung auf den Gehalt an freien Aminosäuren, Gesamtphenole und glykosidisch gebundene Aromavorstufen bei der Sorte Riesling. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- JAKOB, K.; 1993: Naphtalinton - läßt er sich vermeiden? Der Deutsche Weinbau 13, 23.
- JELLINEK, J.; 1981: Sensorische Lebensmittelprüfung. Siegfried Verlag, Pattensen.
- KANNENBERG, J.; 1984: Qualitätserträge im Weinbau bei verminderter Stickstoffdüngung. Der Badische Winzer 16 (3), 115-122.
- KANNENBERG, J.; 1992: Einfluß langjähriger Stickstoffdüngung bei Reben unter Berücksichtigung von Boden-Rest-N_{min}-Gehalten. Deutsches Weinbau Jahrbuch 42, 151-159.
- KANNENBERG, J.; 1993a: Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Weinqualität bei Blauem Spätburgunder, Teil 1. Rebe und Wein 11, 351-353.

- KANNENBERG, J.; 1993b: Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Weinqualität bei Blauem Spätburgunder, Teil 2. Rebe und Wein 12, 377-380.
- KELLER, M.; KOBLET, W.; 1995: Dry matter and leaf area partitionierung, bud fertility and second season growth of *Vitis vinifera* L: Responses to nitrogen supply and limiting irradiance. Vitis 34, 77-83.
- KELLER, M.; ROGIERS, S.Y.; SCHULTZ, H.R.; 2003: Nitrogen and ultraviolet radiation modify grapevines susceptibility to powdery mildew. Vitis 42 (2), 87-94.
- KEßLER, A.; 1999: Einfluss oenologischer und weinbaulicher Maßnahmen auf den P-Gehalt und die Konzentration von ausgewählten Mikronährstoffen in Most und Wein. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- KETTERN, W.; 2000: UTA-Vermeidung durch sachgerechte Kellerwirtschaft. Die Winzer Zeitschrift 15 (9), 30-32.
- KLIEWER, W.M.; COOK, J.A.; 1971: Arginine and total free amino acids as indicators of the nitrogen status of grapevines. J. Amer. Soc. Hort.-Sci. 96, 581-587.
- KLIEWER, W.M.; OUGH, C.S.; 1970: The effect of leaf area and crop level on the concentration of amino acids and total nitrogen in Thompson Seedless grapes. Vitis 9, 196-206.
- KNIPSER, V.; 1990: Die Auswirkungen variiertes Stickstoffdüngung auf die Ertragskomponenten, unter besonderer Berücksichtigung der Nährstoffgehalte der Blätter bei der Sorte Riesling im Jahr 1989. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- KÖHLER, H. J., CHRISTOPH, N., GEßNER, M., BAUER-CHRISTOPH, C. Die „Untypische Alterungsnote“ im Wein, Teil III: Zusammenhänge zwischen dem Auftreten der „Untypischen Alterungsnote“ und dem Reifestadium der Trauben (Lesetermin). Rebe und Wein 1995, 48, 424-430.
- KÖHLER, H. J.; CHRISTOPH, N.; BAUER-CHRISTOPH, C.; GEßNER, M.; CURSCHMANN, K.; 1996: Die „Untypische Alterungsnote“ im Wein, Teil V: Einfluß kellerwirtschaftlicher Maßnahmen auf die Ausprägung der UTA. Rebe und Wein 7, 213-216.
- KÖHLER, H. J.; GEßNER, M.; CHRISTOPH, N.; 2001: Vermeidung der „Untypischen Alterungsnote“: Ascorbinsäure als wichtige Hilfe. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 52, 219-228.
- KÖHLER, H.J.; 2000: UTA-Seminar an der Bayrischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. Rebe und Wein 8, 318-320.

- KORKAS, E.; 1994: Die Dynamik „nicht-struktureller“ Kohlenhydrate in Reben (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) im Verlauf zweier Vegetationsperioden unter dem Einfluß einer langjährig variierten Stickstoffdüngung. Dissertation Universität Bonn.
- KREBS, H; BÄRMANN, E.; 2003: Amtliche Prüfung von Qualitätswein und von Sekt b.A. im Jahre 2002. Der Badische Winzer 2, 32-35.
- KREBS, H; BÄRMANN, E.; 2005: Die amtliche Prüfung von Qualitätswein b.A. und Sekt im Jahre 2004. Der Badische Winzer 2, 26-29.
- KROTH, B.; 1994: Einfluß einer langjährig variierten Stickstoffdüngung auf die Mineralstoffeinlagerung in die Weinbeere (*Vitis vinifera* c.v. Riesling) im Verlauf der Vegetationsperiode. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERDTFEGER, G.; 1994: Bodenkunde. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LARCHER, W.; 1994: Ökophysiologie der Pflanzen: Leben, Leistung und Streßbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt. UTB, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- LEE, S.-J.; 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.
- LEMPERLE, E.; KERNER, E.; 1988: Änderung des Mineralstoffgehaltes während der Gärung und Ausbau. Weinwirtschaft (Technik) 124, (8), 19-21 und (9) 34-35.
- LINSENMEIER, A.; 1992: Auswirkungen unterschiedlicher, langjähriger Stickstoffdüngung auf die Begrünung und die spontane Vegetation in einem Weinberg. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- LINSENMEIER, A.; 1995: Einfluß einer unterschiedlichen Stickstoffdüngung auf Wurzelwachstum und Aufnahme von markiertem Stickstoff bei *Vitis* sp. Diplomarbeit Justus-Liebig-Universität Gießen.
- LINSENMEIER, A.; RÜCKERT, F.-E.; LÖHNERTZ, O.; 1996: Einfluß der Stickstoffdüngung auf das Artengefüge und die Biomasseproduktion der Dauerbegrünung einer Rebanlage. Proc. 11. Internationales Kolloquium 1996 zur Begrünung im Weinbau, Kaltern, Südtirol, 111-120.

- LÖHNERTZ, O., PRIOR, B., BLESER, B., LINSENMEIER, A.; 1998: Einfluß von weinbaulichen Maßnahmen auf die Aminosäuregehalte in Trauben und Mosten der Sorte Riesling. Proc. Intervitis Interfructa. 5. Intern. Symposium: Innovationen in der Kellerwirtschaft. Mikroorganismen und Weinbereitung; Stuttgart, Germany; 11-12 Juni 1998, 1-23.
- LÖHNERTZ, O.; 1998: Einfluß von Streßsituationen auf die Trauben- und Weinqualität. Obstbau und Weinbau 11, 342-345.
- LÖHNERTZ, O.; 2004: Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Weinalterung (Weiß und Rot). Tagungsband Betriebsleitertagung, Geisenheim, 18-21.
- LÖHNERTZ, O.; HOPPMANN, D.; EMDE, K.; FRIEDRICH, K.; SCHWANKE, M.; ZIMMER, T.; (Hrsg.) 2004: Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Geologische Abhandlungen Hessen Band 114.
- LÖHNERTZ, O.; RAUHUT, D.; 1997: Bedeutung der Stickstoffversorgung für die Hefeernährung und die Weinqualität. Der Badische Winzer 6, 36-41; 7, 20-22.
- LÖHNERTZ, O.; SCHULTZ, H.R.; HÜNNECKE, B.; LINSENMEIER, A.; 2002: Weinbauliche Maßnahmen zur Vermeidung von UTA. Proc. Intern. Oenolog. Symposium Intern. Vereinigung f. Oenol., Betriebsführung und Weinmarketing e.V. Montpellier/Frankreich 10.-12. Juni 2002, 215-228.
- LÖHNERTZ, O.; 1996: UTA und Rebenernährung. Streß macht alt. Das Deutsche Weinmagazin 18, 18-23.
- MAIGRE, D.; 1998: Einfluß der Begrünung und der Stickstoffdüngung auf die Qualität von Gutedel-Weinen. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 49, 103-114.
- MARSCHNER, H. 1993: Mineral Nutrition of Higher Plants. 5. Aufl., Academic Press, London.
- MATTIVI, F.; VRHOVSEK, U.; VERSINI, G.; 1999: Determination of indole-3-acetic acid, tryptophan and other indoles in must and wine by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. J. Chrom. A 855, 227-235.
- MENGEL, K.; 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 7. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MICHEL, H.; SCHALLER, K.; LÖHNERTZ, O.; 1998: Ernährungskontrolle bei Reben durch Blattanalyse. Proc. XII Intern. Kolloquium 1998 zur Begrünung im Weinbau, Vogtsburg i. Kaiserstuhl, 28-42.
- MILTENBERGER, R.; KÖHLER, H.J.; GEBNER, M.; CURSCHMANN, K.; 1993: Einfluß des Lesezeitpunktes auf die Weinqualität. Rebe und Wein 8, 256-259.

- MONZON, A.; AZCON, R.; 1996: Relevance of mycorrhizal fungal origin and host plant genotype to inducing growth and nutrient uptake in *Medicago species*. Agriculture, Ecosystems and Environment 60, 9-15.
- MÜLLER, E.; 1999: 15 Jahre Stickstoffdüngungsversuche: Erfahrungen und Konsequenzen. Das Deutsche Weinmagazin 19, 27-31 sowie 20, 29-32.
- MÜLLER, E.; 2000: UTA - Stand der Erkenntnisse aus weinbaulicher Sicht. Deutsche Winzer Zeitschrift. 8, 22-27.
- MÜLLER, E.; 2002: Weinbauliche Strategien zur Vermeidung der Untypischen Alterungsnote. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 53, 113-126.
- MÜLLER, E.; 2004: Die Laubarbeit als Instrument zur Steuerung der Traubenqualität. Teil 2: Teilentblätterung. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau 7, 10-13.
- MÜLLER, K.; 1982: Der pflanzenverfügbare Stickstoff in Weinbergsböden und die jährliche N-Düngung. Der Deutsche Weinbau 35, 330-334.
- MÜLLER, K.; 1986a: Einfluß der Bewirtschaftung, Wasserversorgung und Düngung von Weinbergsböden auf den Traubenertrag und die Mostqualität. Mitteilungen Klosterneuburg 36, 101-110.
- MÜLLER, K.; 1986b: Auswirkungen zunehmender mineralischer Stickstoffgabe bei unterschiedlichen Humusgehalten des Bodens auf die Ertragsleistung der Reben und den Gesundheitszustand des Lesegutes. Wein-Wissenschaft 41, 363-376.
- MÜLLER, K.; BUCHER, R.; 1981: Möglichkeiten des Einsatzes der Nmin-Methode und der Blattanalyse zur Beurteilung des pflanzenverfügbaren Stickstoffes in Weinbergsböden – fünfjährige Versuchsergebnisse. Wein-Wissenschaft 36, 330-354.
- MÜLLERS, V.; 1996: Alterungsverhalten von Rieslingweinen, Diplomarbeit FH Wiesbaden, FB Geisenheim, zit. in: SPONHOLZ, W.-R.; HÜHN, T.; GROSSMANN, M.; 2001: Einfluß von Umwelt- und Substrateffekten auf die Bildung von wertbestimmenden Inhaltsstoffen. Proc. Intervitis Interfructa. 6. Intern. Symposium: Innovationen in der Kellerwirtschaft; Stuttgart, 14.-16. Mai 2001, 98-112.
- NELSON, R.R.; ACREE, T.E.; LEE, C.Y.; BUTTS, R.M.; 1977: Methyl anthranilate as an aroma constituent of American wine. J. Food Sci. 42, 57-59.
- NEUBERT, H.; KÖHLER, H.J.; 2001: UTA in Weinen mit und ohne Ascorbinsäure - Amtliche Qualitätsweinprüfung. Der Deutsche Weinbau 20, 18-21.
- NEUBERT, H.; KÖHLER, H.J.; 2004: Kellerwirtschaftliche Erkenntnisse und Rückschlüsse aus der "Amtlichen Qualitätsweinprüfung" in Franken. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 55, 296-305.

- OUGH, C.S.; BELL, A.A.; 1980: Effect of nitrogen fertilization of grapes on amino acid metabolism and higher alcohol formation during grape juice fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.* 31, 122-123.
- OUGH, C.S.; TIEN HOW LEE; 1981: Effect of vineyard nitrogen fertilization level on the formation of some fermentation esters. *Am. J. Enol. Vitic.* 32, 125-127.
- PALAMAND, S.R.; GRIGSBY, J.H.; 1974: Stale flavors in beer. Identification of o-aminoacetophenone and ethyl nicotinoate in beer. *The Brewers Digest* 49, 58-60.
- PALEG, L.G.; ASPINALL, D.; (Hrsg.) 1981: *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. Academic Press, Sydney.
- PARKS, O.W.; SCHWARTZ, D.P.; KEENEY, M.; 1964: Identification of o-aminoacetophenone as a flavor compound in stale dry milk. *Nature* 202, 185-187.
- PETERNEL, M.; 1998: Stickstoff und Qualität. Zusammenfassung des Vortrags bei den 40. Veitshöchheimer Weinbautage. *Rebe und Wein* 3, 91.
- PETGEN, M.; SCHROPP, A.; RÖMHELD, V.; 1998: Einfluß verschiedener Bodenpfleßmaßnahmen und Begrünungsvarianten auf die autochtone Mykorrhiza in einem Weinberg. *Vitic. Enol. Sci.* 53 (1), 11-17.
- POHL, H.; 1992: Probleme mit einem Fehlton. *Der Badische Winzer* 8, 395-396.
- POHL, H.; 1993: Woher kommt die untypische Alterungsnote beim Wein? *Der Badische Winzer* 8, 316-317.
- POHL, H.; 1994: Zur Situation der untypischen Alterungsnote beim Wein aus Sicht der Praxis. *Der Badische Winzer* 8, 328-330.
- POUR NIKFARDJAM, M.S.; GAÁL, K.; TESZLÁK, P.; 2005: Influence of grapevine flower treatment with gibberellic acid (GA3) on indole-3-acetic acid (IAA) contents of white wine. *Mitteilungen Klosterneuburg* 55, 114-117.
- 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. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen, Geisenheimer Berichte Bd. 32.
- RAPP, A., VERSINI, G., ENGEL, L.; 1995: Nachweis und Bestimmung von 2-Aminoacetophenon in vergorenen Modellösungen. *Vitis* 34, 193-194.
- RAPP, A.; 1989: Aromastoffe des Weines. *Weinwirtschaft* 7, 17-27.
- RAPP, A.; 1995: Den Geheimnissen der Alterung auf der Spur. *Deutsche Winzer Zeitschrift* 32-35.

- RAPP, A.; 1996: Identifizierung unerwünschter Aromen im Wein. Das Deutsche Weinmagazin 18, 32-37.
- RAPP, A.; 2004: Einfluss von Standortfaktoren und Klima auf charakteristische Aromastoffe des Weines und deren Veränderung während der Alterung. Tagungsband Betriebsleitertagung, Geisenheim, 10-12.
- RAPP, A.; BARDONG, N.; 1976: Untersuchungen über den Einfluß der N-Düngung auf den Gehalt an Aminosäuren in reifenden Weinbeeren und Reborganen. Jahresbericht der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung, Siebeldingen.
- RAPP, A.; REUTHER, K.H.; 1971: Der Gehalt an freien Aminosäuren in Traubenmosten von gesunden und edelfaulen Beeren verschiedener Rebsorten. Vitis 10, 51-58.
- RAPP, A.; VERSINI, G.; 1995: Fehl aroma: Die untypische Alterungsnote. Der Deutsche Weinbau 18, 18-22.
- RAPP, A.; 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.; 2002: Vorkommen, Herkunft und Möglichkeiten für eine Verminderung der untypischen Alterungsnote (ATA) bei Wein – ein Überblick. Proc. Intern. Oenolog. Symposium Intern. Vereinigung f. Oenol., Betriebsführung und Weinmarketing e.V. Montpellier/Frankreich 10.-12. Juni 2002, 285-310.
- RAPP, A.; VERSINI, G.; ENGEL, H.; ULLEMEYER, H.; 1998: Fremde und unerwünschte Aromastoffe des Weines: Die untypische Alterungsnote. Proc. Intervitis Interfructa. 5. Intern. Symposium: Innovationen in der Kellerwirtschaft; Stuttgart, 11./12. Mai 1998, 270-289.
- RAPP, A.; VERSINI, G.; ULLEMEYER, H.; 1993: 2-Aminoacetophenon: Verursachende Komponente der "untypischen Alterungsnote" ("Naphthalinton", "Hybridton") bei Wein. Vitis 32, 61-62.
- RAPP, A.; YAVAS, I.; HASTRICH, H.; 1994: Einfache und schnelle Anreicherung ("Kaltronmethode") von Aromastoffen des Weines und deren quantitative Bestimmungen mittels Kapillargaschromatographie. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 90 (6), 171-174.
- RAUHUT, D.; 1996: Qualitätsmindernde schwefelhaltige Stoffe im Wein: Vorkommen, Bildung, Beseitigung. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen; Geisenheimer Berichte Bd. 24.
- RAUHUT, D.; KÜRBEL, H.; 2002: Böckserbildung und/oder untypischer Alterungston: eine mögliche Differenzierung. Proc. Intern. Oenolog. Symposium Intern. Vereinigung f. Oenol., Betriebsführung und Weinmarketing e.V. Montpellier, Frankreich 10.-12. Juni 2002, 371-383.

- RAUHUT, D.; KÜRBEL, H.; GROßMANN, M.; LÖHNERTZ, O.; 2000: Hefeernährung und Weinqualität. Deutsches Weinbau -Jahrbuch 51, 237-245.
- REDL, H.; 1999: Gärungsprobleme und Beeinträchtigungen der Weinqualität durch Weingartenbegrünung? Der Winzer 6, 6-11.
- RIEDE, N.; 1991: Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Nitratgehalt in Blattstielen. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- RIEDEL, M.; SEITER, P.; 1998: Bodenpflege und Stickstoffdüngung. Teil I. Der Badische Winzer 4, 29-33.
- ROHRBACH, H.: 2001: Analytische Methoden an enzymbehandelten Weinen. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim
- ROLL, C.; 2003: Einfluss verschiedener Antioxidantien auf die Ausprägung der Untypischen Alterungsnote. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- RUPP, D.; TRÄNKLE, L.; FOX, R.; 1999: Zerstörungsfreie Chlorophyllbestimmung bei Reben - Bewertung von Sorteneinflüssen und Probenahmeeffekten. Mitt. Klosterneuburg 49, 86-92.
- SCHALLER, K.; 2000: Praktikum zur Bodenkunde und Pflanzenernährung. Geisenheimer Berichte Bd. 2.
- SCHALLER, K.; LÖHNERTZ, O.; 1985: Ermittlung des Ernährungszustandes von Reben nach der Blattanalyse. Wein-Wissenschaft 40, 394-412.
- SCHALLER, K.; LÖHNERTZ, O.; 1990: Qualitätsbeeinflussung durch Düngungs- und sonstige Kulturmaßnahmen bei Weinreben. Der deutsche Weinbau 43, 678-686.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTACHABEL, P.; 1998: Lehrbuch der Bodenkunde, 14. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHNEIDER, V.; TESCHKE, M.; 2000: Die Aromastabilität von Weißweinen. Der Deutsche Weinbau 25, 10-14.
- SCHOLTES, H.-J.; 1992: Einfluß einer langjährigen differenzierten Stickstoffdüngung auf die Nitratreduktaseaktivität bei der Sorte Riesling im Freiland. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- SCHORR, T.; 2003: Einfluss unterschiedlicher Bodenpflegesysteme auf den Bodenwasser- und -stickstoffhaushalt, die Wuchsleistung der Rebe und die Most- und Weinqualität. Dissertation. Albert-Ludwig-Universität Freiburg im Breisgau.

- SCHRADER, U.; LEMPERLE, E.; BECKER, N.J.; BERGNER, K.G.; 1976: Der Aminosäure-, Zucker-, Säure- und Mineralstoffgehalt in Abhängigkeit vom Kleinklima des Standorts der Rebe. 3. Mitt.: Säure und Mineralstoffhaushalt. Wein-Wissenschaft 31, 9-24.
- SCHULTZ, H.R.; LÖHNERTZ, O.; BETTNER, W.; BALO, B.; LINSENMEIER, A.; JÄHNISCH, M.; MÜLLER, B.; GAUBATZ, B.; VARADI, G.; 1998: Is grape composition affected by current levels of UV-B radiation? *Vitis* 37, 191-192.
- SCHULTZ, H.R.; LÖHNERTZ, O.; HÜNNECKE, B.; LINSENMEIER, A.; 2002: Viticulture and atypical aging. Proc. 31. New York Wine Industry Workshop 3.4 - 5.4. Geneva, USA, 83-85.
- SCHULTZ, H.R.; WEBER, M.; GAUBATZ, B.; MÜLLER, S.; 1999: Entblätterung in der Traubenzone II: Weniger Blatt - mehr Qualität? *Das Deutsche Weinmagazin* 13, 16-21.
- SCHULTZ, H.R.; 1992: An empirical model for the simulation of leaf appearance and leaf area development of primary shoots of several grapevine (*Vitis vinifera* L.) canopy-systems. *Sci. Hort.* 52, 179-200.
- SCHWAB, A.; 1998: Extensivierung von Bodenpflege und Düngung und deren Auswirkung auf die Most- und Weinqualität. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 49, 93-101.
- SCHWAB, A.; 2001: Traubenqualität meßbar? Ansätze zur Entwicklung einer erweiterten Qualitätsbestimmung. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 52, 177-189.
- SCHWAB, A.; CHRISTOPH, N.; KÖHLER, H.J.; GEßNER, M.; SIMAT, T.J.; 1999: Einfluß weinbaulicher Maßnahmen auf die Ausprägung der Untypischen Alterungsnote bei Weißweinen. Teil I: Einfluß des Lesezeitpunktes. *Vitic. Enol. Sci.* 54, 114-120.
- SCHWAB, A.; PETERNEL, M.; 2001: Ungenügende Traubenreife: Ursache der „Untypischen Alterungsnote (UTA)“ im Wein. *Rebe und Wein* 9, 14-17.
- SCHWAB, A.; PETERNEL, M.; KÖHLER, H.J.; HEIGEL, K.P.; 1996: Die „Untypische Alterungsnote“ im Wein, Teil IV: Beeinflussung durch weinbauliche Maßnahmen. *Rebe und Wein* 49, 181-187.
- SCHENCK von, J.; 1998: Untersuchungen über den Zusammenhang von Standorteigenschaften, Inhaltsstoffen und geschmacklicher Beurteilung von Prädikatsweinen der Rebsorte Riesling im Rheingau. Diss. Univers. Gießen, Geisenheimer Berichte Bd. 39.

- SEITER, P.; 2000: Der Einfluß von Stickstoffdüngung und Bodenpflege auf die Stickstoffversorgung der Rebe und die Weinqualität. Eine Studie zum Problem des "Untypischen Alterungstons". Dissertation, Albert-Ludwig-Universität Freiburg im Breisgau.
- SEITER, P.; LINSSENMEIER, A.; RIEDEL, M.; 2002: Einfluss von Bodenpflege und Stickstoffdüngung auf den Traubenertrag, die Stickstoffversorgung der Rebe und die hefeverwertbaren Stickstoffverbindungen im Most. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 53, 105-111.
- SEITER, P.; RIEDEL, M.; 1998: Bodenpflege und Stickstoffdüngung. Teil II. Der Badische Winzer 5, 54-56.
- SHEFFORD, P.; 2001: Einfluss verschiedener Antioxidantien auf die Vergärung von Traubenmost und auf die Weinqualität, Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- SHURE, K.B.; ACREE, T.E.; 1994: Changes in the odor-active compounds in *Vitis labruscana* cv. Concord during Growth and Development. J. Agric. Food Chem. 42, 350-353.
- SIMAT, T. J.; HOENICKE, K.; GEßNER, M.; CHRISTOPH, N.; 2004: Metabolism of tryptophan and indole-3-acetic acid formation during vinification and its influence on the formation of 2-aminoacetophenone. Mitteilungen Klosterneuburg 54, 34-55.
- SIMAT, T.; MEYER, K.; STEINHART, H.; 1994: Synthesis and analysis of oxidation and carbonyl condensation compounds of tryptophan. J. Chrom. A 661, 93-99.
- SMIT, I.; 2006: Einfluß von N-Düngung auf die Bildung biogener Amine im Wein. 45. Arbeitstagung des Forschungsrings des Deutschen Weinbaus bei der DLG, 26., 26. April 2006, Neustadt an der Weinstraße.
- SPAYD, S.E.; WAMPLE, R.L.; EVANS, R.G.; STEVENS, R.G.; SEYMOUR, B.J.; NAGEL, C.W.; 1994: Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. Am. J. Enol. Vitic. 45, 34-42.
- SPONHOLZ, W.-R.; HÜHN, T.; 2001: Was sie schon immer über UTA wissen wollten. Der Deutsche Weinbau 10, 82-87.
- SPONHOLZ, W.-R.; HÜHN, T.; GROSSMANN, M.; 2001: Einfluß von Umwelt- und Substrateffekten auf die Bildung von wertbestimmenden Inhaltsstoffen. Proc. Intervitis Interfructa. 6. Intern. Symp.: Innovationen in der Kellerwirtschaft; Stuttgart, 14.-16. Mai 2001, 98-112.
- SPONHOLZ, W.-R.; HÜHN, T.; ENGELMANN, A.; SIEBEN, A.; 1997: Mögliche Einflüsse weinbaulicher Parameter auf die Ausbildung des „Untypischen Alterungstons“ bei Rieslingweinen. Vitic. Enol. Sci. 52 (1), 41-50.

- STEINBERG, B.; 1998: Die wichtigsten Voraussetzungen für das Bodenpflegesystem „Begrünung“. In: Gesunder Boden durch Begrünung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), Arbeitspapier 256, 7-18.
- STEINBERG, B.; SCHNEIDER, F.; 1992: Auswirkungen unterschiedlicher Mulchintensität bei verschiedenen Begrünungsmischungen. Proc. Intern. Arbeitskreis Begrünung im Weinbau, IX Kolloquium, 2-5. 9. 1992 Bad Kreuznach, Deutschland.
- STOCKHORST, J.; 2002: Optimierung von Sektgrundwein. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- TRATTER, W.; 1999: Untypische Alterungsnote in Weißweinen der Sorte Chardonnay. Diplomarbeit FH Wiesbaden, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie, Geisenheim.
- TROOST, G.; 1980: Technologie des Weines. Ulmer Verlag Stuttgart.
- VANEK, G.; 1978: Diagnostische Möglichkeiten von Rebenernährungsstörungen. Symptomatik und chemische Blattanalysen – die Blattdiagnostik. Wein-Wissenschaft 33, 15-35.
- VERSINI, G.; LUNELLI, M.; 2002: The occurrence of atypical aging aroma and other particular aroma-influencing compounds in sparkling wines. Proc. Intern. Oenolog. Symposium Intern. Vereinigung f. Oenol., Betriebsführung und Weinmarketing e.V. Montpellier, Frankreich 10.-12. Juni 2002, 351-368.
- VIVAS, N.; SAINT-CRICQ DE GAULEJAC, N.; GLORIES, Y.; 1997: Influence de SO₂ et de l'acide ascorbique sur l'activité antiradicalaire des tanins, mesurée sur l'anion superoxyde. Application aux vins rouges. Vitis 36 (2), 91-96.
- WAGNER, K.; KREUTZER, P.; KIRCHNER-NESS, R.; DITTRICH, H.; 1989: Beziehung zwischen der Konzentration von Inhaltsstoffen fränkischer Traubenmoste und ihrer Qualität. Wein-Wissenschaft 44, 165-167.
- WALG, O.; 2003: Stress vermeiden. – Das Deutsche Weinmagazin 4, 30-34.
- WEBSTER, D.R.; EDWARDS, C.G.; SPAYD, S.E.; PETERSON, J.C.; 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.
- WEISBRODT, G.; 2002: Der optimale Lesezeitpunkt. Das Deutsche Weinmagazin 19, 14-17.

- WERWITZKE, U.; 2003: Einfluß der Pflanzenernährung, weinbaulicher Maßnahmen und der mikrobiologischen Rahmenbedingungen auf glykosidisch gebundene Inhaltsstoffe in *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen; Geisenheimer Berichte Bd. 52.
- WINTER, E.; 2003: Avoiding drought-related mothball aroma in white wine. Austr. New Zealand Wine Ind. J. 18 (2), 63-66.
- WOHLFAHRT, P.; 1993: Untypische Alterungsnote - Ansätze zur Problemlösung. Der Badische Winzer 8, 318-319.
- WOHLFAHRT, P.; 1994: Untypische Alterungsnote im Blickpunkt. Der Badische Winzer 8, 330-332.
- WOHLFAHRT, P.; 1995: Untypische Alterungsnote: Erfahrungen aus den vergangenen drei Jahren. Der Badische Winzer 8, 383-388.
- WÜRDIG, G.; WOLLER, R.; 1989: Chemie des Weines. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- 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-Düngung: Die ständige Gradwanderung. Das Deutsche Weinmagazin 8, 26-32.
- ZIMMER, T.; 1997: Untersuchungen zum Wasserhaushalt von Weinbergsböden im Rheingau. Dissertation Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main. Geisenheimer Berichte Bd. 35.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt allen, die an der Entstehung dieser Arbeit Anteil hatten.

Bei Prof. Dr. Sven Schubert, Institut für Pflanzenernährung der Justus-Liebig-Universität Gießen, möchte ich mich für die Betreuung der Arbeit und seine Hilfestellungen und Ratschläge bedanken.

Prof. Dr. Otmar Löhnertz, Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Bodenkunde & Pflanzenernährung, danke ich besonders für seine Unterstützung weit über diese Arbeit hinaus.

Dr. Pascale Seiter und Dr. Katrin Hoenicke, meinen „UTA-Vorläuferinnen“, danke ich für die vielfältigen Anregungen, kurzweiligen Fachgespräche und die Hilfe bei der Analytik.

Sehr bedanken möchte ich mich bei den Mitarbeitern der „Bodenkunde“ für die unglaublich schöne Arbeitsatmosphäre, die meine Zeit dort unvergesslich machen wird. Ganz zu schweigen von der vielfältigen Unterstützung bei Probennahme, Weinbereitung und Analytik. Und Sensorik. Insbesondere danke ich den Doktoranden für die interessanten fachlichen und weniger fachlichen Gespräche. Bärbel Hünnecke, Ursel Binzel, Heiko Bastian, Anne Grimmich, Toni Ansorge, Inga Smit und Marco Pfliehinger. An dieser Stelle möchte ich auch den Ex-Doktoranden danken (Thomas Zimmer, Birgit Hofmann, Jörg von Schenck, Bernd Prior, Klaus Lafos, Kurt Emde, Marcus Bleser) und zwar für die Einführung in die wissenschaftliche Welt.

Dem Fachgebiet Mikrobiologie & Biochemie, namentlich Frau Hildegard Diehl und Herrn Helmut Kürbel danke ich für die gaschromatographische Analytik.

An dieser Stelle möchte ich auch den Korrekturleserinnen Anke Velmeke, Marco Pfliehinger und Inga Smit danken, die ihre Urlaubszeit opferten, um meine Arbeit zu lesen.

Vor allem aber ein herzliches Dankeschön an meine Familie; an Anke, Lotte und Hannes, die mich immer unterstützten und den Ergebnissen entgegenfieberten.