

*Abschlussbericht des FDW geförderten Projektes*

Vergleichende morphologisch-anatomische Untersuchungen zur  
**Wirkung der Wachstumsregulatoren  
Gibberellin GA3 und Prohexadione-Ca**  
auf den Befruchtungsvorgang, die Samenentwicklung und die  
Differenzierung der Infloreszenzen bei unterschiedlich sensiblen  
Rebsorten

**Dr. Susanne Böll**  
Peter Schwappach  
Prof. Klaus Wahl

**Sachgebiet Rebschutz und Rebphysiologie**  
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau  
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim  
Tel. 0931/9801-501 • [rebschutz\(at\)lwg.bayern.de](mailto:rebschutz(at)lwg.bayern.de)

## **FDW-Forschungsprojekt Nr. 8503.187**

**Vergleichende morphologisch-anatomische Untersuchungen zur Wirkung der Wachstumsregulatoren Gibberellin GA3 und Prohexadione-Ca auf den Befruchtungsvorgang, die Samenentwicklung und die Differenzierung der Infloreszenzen bei unterschiedlich sensiblen Rebsorten**

**Dr. Susanne Böll**, Peter Schwappach, Prof. Klaus Wahl

*Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau*

*Sachgebiet Rebschutz und Rebphysiologie, An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim*

Veitshöchheim, August 2009

## **Danksagung**

Dieses Projekt zeichnete sich durch einen sehr hohen Arbeitseinsatz, sowohl bei den Probenentnahmen in den Weinbergen als auch bei der Bestimmung der Traubenparameter und den histologischen Laboruntersuchungen aus. Häufig konnte weder auf Wochenenden, noch auf Feiertage Rücksicht genommen werden.

Ich möchte unseren Mitarbeiter/Innen, insbesondere Monika Adelhardt und Astrid Baumann für ihren engagierten Einsatz, ihre selbständige kompetente Arbeitsweise inklusive logistischer Höchstleistungen und ihre hervorragenden, labortechnischen Analysen und Präparationen danken.

Dr. Susanne Böll

## Inhalt

Abbildungsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis .....	5
1. Einleitung .....	6
2. Methodik .....	8
2.1. Trauben- und Ertragsbonituren.....	8
2.2. Reifebonituren und Sensorik.....	8
2.3. Lebensfähigkeitstest der Kerne .....	8
2.4. Austriebs- und Gescheinsbonituren.....	9
2.5. Pollenschlauchuntersuchungen .....	9
2.6. Verrieselung.....	9
2.7. Hormonphysiologische Untersuchungen .....	10
2.8. Statistische Auswertung .....	10
3. Ergebnisse .....	10
3.1. Trauben- und Ertragsbonituren.....	10
3.2. Lebensfähigkeitstest der Kerne .....	16
3.3. Austriebs- und Gescheinsbonituren.....	17
3.4. Reifeverlauf und Sensorik.....	18
3.4.1. Reifeverlauf .....	18
3.4.2. Sensorik .....	19
3.5. Pollenschlauchuntersuchungen .....	20
3.6. Verrieselung.....	23
3.6.1. Verrieselungsverlauf.....	23
3.6.2. Sortenspezifische Befruchtungsraten von Fruchtknoten am Rappen .....	25
3.6.3. Sortenspezifische Befruchtungsraten verrieselter Fruchtknoten .....	26
3.7. Endogene Gibberellinsäurekonzentrationen .....	27
4. Diskussion.....	28
4.1. Sortenspezifische Reaktionen auf die Wachstumsregulatoren.....	28
4.2. Ursachen sortenspezifischer Reaktionsunterschiede .....	30
5. Zusammenfassung.....	32
6. Literaturverzeichnis .....	33

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Wirkungsweise des Biosynthesehemmers Prohexadione-Ca .....	7
Abb.2: Lockerbeerigkeitsbonituren (100x4 Trauben/ Variante), 2006-2008. ....	10
Abb.3: Botrytisbonituren (100 x 4 Trauben/ Variante), 2006-2008.....	11
Abb.4: Stockerträge der durchgängig behandelten Varianten der Rebsorten Silvaner und Grauburgunder, 2006-2008. ....	11
Abb.5: Stockerträge aller Varianten der Rebsorte Silvaner, 2007 und 2008. ....	12
Abb.6: Stockerträge aller Varianten der Rebsorte Grauburgunder, 2008. ....	12
Abb.7: Mittleres Traubengewicht der durchgängig behandelten Varianten zu Beginn der Reife, 2006-2008. ....	13
Abb.8: Mittlere Beerenanzahl/ Traube bei den durchgängig behandelten Varianten zu Beginn der Reife, 2006-2008. ....	13
Abb.9: Mittleres Einzelbeerengewicht der durchgängig behandelten Varianten zu Beginn der Reife, 2006-2008. ....	13
Abb.10: Silvaner: Prozentuale Beerengrößenverteilung zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten.....	14
Abb.11: Silvaner: Gewichtsanteile der einzelnen Beerengrößenfraktionen zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten. ....	14
Abb.12: Grauburgunder: prozentuale Beerengrößenverteilung zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten. ....	15
Abb.13: Grauburgunder: Gewichtsanteile der einzelnen Beerengrößenfraktionen zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten.....	15
Abb.14: Mittlere Kernzahl der einzelnen Beerengrößenfraktionen der Untersuchungsvarianten bei Silvaner und Grauburgunder, 2007. ....	16
Abb.15: Prozentsatz lebensfähiger Kerne der verschiedenen Varianten des Silvaner, 2007 und 2008.....	16
Abb.16: Prozentsatz lebensfähiger Kerne der verschiedenen Varianten des Grauburgunder, 2007 und 2008.....	17
Abb.17: Gescheinsbonitur 2008 (6x4 Stöcke/Variante) .....	17
Abb.18: Prozentualer Anteil der Gescheinsklassen an den bonitierten Stöcken der verschiedenen Varianten, Silvaner 2008. ....	18
Abb.19: Reifeverlauf 2008 .....	18
Abb.20: Säureentwicklung während des Reifeverlaufs 2008.....	19
Abb.21: Mostgewichte verschiedener Beerengrößenfraktionen der Varianten des Silvaner und Grauburgunder, BBCH 85, 2007.....	19

Abb.22: Pollenschläuche in längs halbierten Fruchtknoten bei den Rebsorten Silvaner und Grauburgunder während der Nachblüte. Pollenkörner und Pollenschläuche fluoreszieren nach Anilinfärbung türkis. ....	20
Abb.23: Pollenschlauchabundanz verschiedener Rebsorten mit bekannter Gibberellin-Sensitivität .....	22
Abb.24: Zeitlicher Verrieselungsverlauf – Silvaner 2007 .....	23
Abb.25: Größenverteilung verrieselter Fruchtknoten – Grauburgunder 2008 .....	24
Abb.26: Grauburgunder 2007: Längsschnitt durch vertrockneten schwarzen Fruchtknoten (Größe 0). Pollenschläuche fluoreszieren türkisfarben. ....	24
Abb.27: Längsschnitte durch befruchtete Samenanlagen .....	25
Abb.28: Längsschnitte durch unbefruchtete Samenanlagen .....	25
Abb.29: Endogene Gibberellinsäurekonzentrationen ( $GA_{20}$ , $GA_1$ , $GA_8$ ) des 13-hydroxilierten Biosyntheseweges während der frühen Beerenentwicklung bei Silvaner und Grauburgunder; K=Kontrolle, R=Regalis .....	27
Abb.30: Endogene Gibberellinsäurekonzentrationen ( $GA_9$ , $GA_4$ , $G_{34}$ ) des nicht-hydroxilierten Biosyntheseweges während der frühen Beerenentwicklung bei Silvaner und Grauburgunder; K=Kontrolle, R=Regalis.....	27
Abb.31: Rückstandsanalysen der BASF von Regalis-behandelten Trauben des Silvaner, 2007 .....	30

## Tabellenverzeichnis

Tab.1: Erste Verkostung des Jahrgangs 2006.....	19
Tab.2: Zweite Verkostung des Jahrgangs 2006 .....	20
Tab.3: Erste Verkostung des Jahrgangs 2008.....	20
Tab.4: Mittlere Pollenschlauchabundanz + Standardfehler (SE) verschiedener Rebsorten .....	21
Tab.5: Prozent befruchteter Samenanlagen/ Fruchtknoten (FK) am Rappen, 2008.....	26
Tab.6: Mittlere Kernzahl der Beeren zu Beginn der Reife, 2008. Berücksichtigt wurden Beeren mit einem Durchmesser > 10mm.....	26
Tab.7: Prozent befruchteter Samenanlagen/ verrieseltem Fruchtknoten (FK).....	26

## 1. Einleitung

Qualitätssicherung durch gesundes Lesegut spielt eine immer wichtigere Rolle im deutschen Weinbau. In den letzten Jahrzehnten haben jedoch zunehmend günstige Witterungsbedingungen häufig zu hohen Fruchtansätzen mit kompakten, dichtbeerigen Trauben geführt. In der Folge können die Beeren während der Reifephase aufplatzen oder sich gegenseitig abdrücken, wodurch massive Probleme mit Botrytis (Sauerfäule), Penicillium (Grünfäule) und Essigfäule auftreten können. Für den Qualitätsweinbau notwendige, präventive Gegenmaßnahmen wie Traubenteilen bzw. das Ausschneiden und Entfernen geschädigter Trauben sind mit einem sehr hohen Zeitaufwand verbunden. Deshalb wird von der Praxis dringend eine möglichst einfache, kostengünstige und wenig arbeitsintensive Fäulnisprävention gewünscht. Mittlerweile unbestritten und vielfach in Versuchen belegt ist die präventive Wirkung von Gibberellinen ( $GA_3$ ) bei Botrytis und Essigfäule durch induzierte Lockerbeerigkeit bei Ertragsrebsorten, die häufig zu einer Befallsreduktion von weit über 50% führt (HILL et al., 2003, PETGEN, 2004, ROSCHATT et al., 2003).

Die Applikation von  $GA_3$  in die Vollblüte führt bei kleinbeerigen Ertragsorten wie z.B. Riesling zu einer erhöhten Lockerbeerigkeit durch Zunahme der Parthenokarpie von bis zu 50% und einem höheren Beerenansatz bei gleichzeitig kleineren Beeren. Mittel- bis großbeerige Sorten zeigen dagegen den erwünschten Effekt einer zunehmenden Lockerbeerigkeit durch Verrieselung, wobei im Normalfall das Beerengewicht zunimmt. Bei diesen Sorten werden jedoch starke sortentypische Unterschiede beobachtet, deren Ursachen nicht bekannt sind. Insbesondere die Ursachen der negativen Wirkung von  $GA_3$  auf die Infloreszenzanlagen mit eventuell kumulativen Effekten auf die Fruchtbarkeit der Rebe bei einer mehrjährigen Anwendung von  $GA_3$  sind noch völlig ungeklärt. Auch Prohexadione-Calcium (REGALIS<sup>®</sup>), ein Gibberellin-Biosynthesehemmer, führt bei einigen Rebsorten zu einer erwünschten Verrieselung der Gescheine: durch die zeitweilige Blockade der Enzyme des Gibberellin-biosynthesestoffwechsels (Abb.1) bleiben die zum Applikationszeitpunkt herrschenden endogenen Konzentrationen der aktiven Gibberellinsäuren länger wirksam und führen zu den Verrieselungseffekten (RADEMACHER 2003, mdl. Mittlg.).

Systemische Langzeitwirkungen dieses Wachstumsregulators auf die Fruchtbarkeit wurden bisher nicht untersucht.

Im vorliegenden Projekt wurde die präventive Wirkung der beiden Wachstumsregulatoren Gibberellin  $GA_3$  und Prohexadione-Calcium auf Botrytis und Essigfäule untersucht. Insbesondere die Ursachen für die starken sortenspezifischen Reaktionsunterschiede standen im Mittelpunkt dieser Untersuchungen.

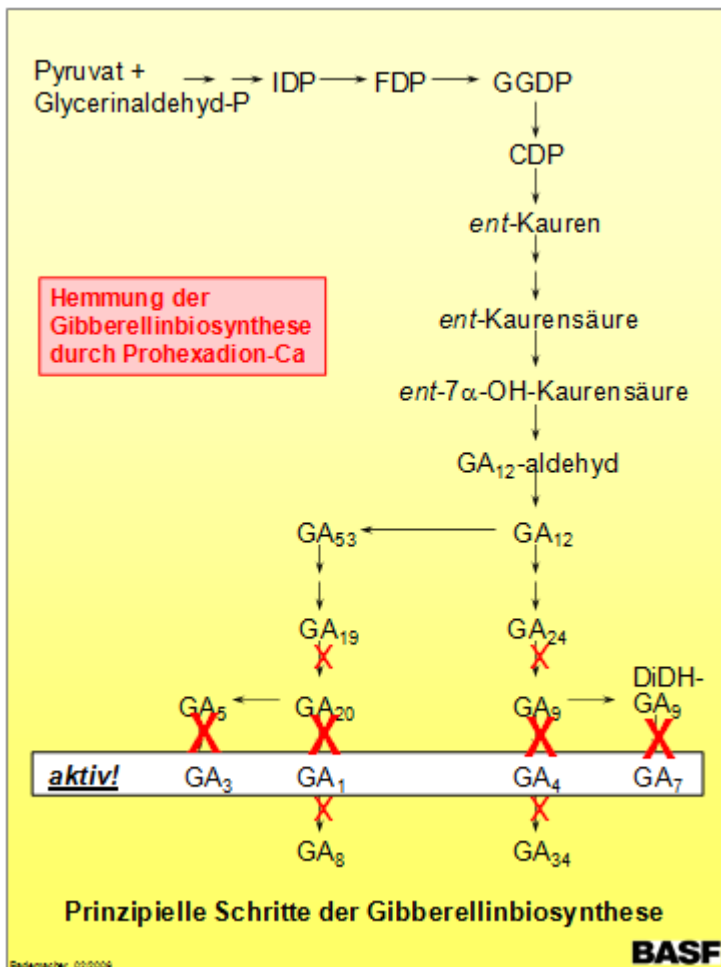


Abb.1: Wirkungsweise des Biosynthesehemmers Prohexadione-Ca

Als Modell-Rebsorten diente der auf GA<sub>3</sub> sehr sensibel reagierende Silvaner im Vergleich zum wesentlich robusteren Grauburgunder. Neben histologisch-anatomische Untersuchungen zum Befruchtungsvorgang und der Samenentwicklung an den sich weiter entwickelnden Fruchtknoten und Beeren an den Rappen der verschiedenen Varianten, lag der Schwerpunkt auf den Untersuchungen der verrieselten Fruchtknoten. Begleitend wurde der hormonphysiologische Gibberellin-Status der Kontrolle und Regalis<sup>®</sup>-Variante bis zum Traubenschluß (BBCH 77) untersucht. Darüber hinaus wurden die einzelnen Varianten auf Nebenwirkungen der einzelnen Wachstumsregulatoren, insbesondere auf den Austrieb und den Gescheinsansatz untersucht.

Es wurde in allen drei Untersuchungsjahren eine praxisrelevante Dosierung von 7ppm GA<sub>3</sub> (28g/ha Gibb3) bzw. 1,8 kg Regalis<sup>®</sup> beim Silvaner und 20ppm GA<sub>3</sub> (80g/ha Gibb3) bzw. 1,35 kg Regalis<sup>®</sup> beim Grauburgunder bei einer Wasseraufwandmenge von 400l/ha vorgenommen. Die Applikation erfolgte während der Vollblüte beidseitig in die Traubenzone. In den Jahren 2007 und 2008 kamen Staffelspritzungen zur Untersuchung von Langzeitnebenwirkungen zum Einsatz, so dass vergleichend Parzellen vorlagen, die nur im ersten, in den beiden Jahren 2006/2007 oder in allen drei Untersuchungsjahren mit den entsprechenden Wachstumsregulatoren behandelt worden waren. Es wurden keine Botrytizide eingesetzt.



## 2. Methodik

Soweit nicht anders erwähnt, fanden die nachfolgenden Untersuchungen in allen Untersuchungsjahren statt.

### 2.1. Trauben- und Ertragsbonituren

Um den Einfluss der Wachstumsregulatoren auf die Traubenstruktur zu untersuchen, wurden zu Beginn der Reife Lockerbeerigkeitsbonituren 4x100 Trauben/ Variante durchgeführt. Desweiteren wurden zu Beginn der Reife die eingetüteten Trauben aus den Verrieselungsversuchen, und in den Jahren 2006/2007 kurz vor dem Weichwerden der Trauben (BBCH 85) bei beiden Rebsorten weitere 20 Trauben pro Variante untersucht, das Traubengewicht, die Beerenanzahl, das Beerengesamtgewicht und das mittlere Einzelbeerengewicht pro Traube bestimmt. Die Beeren wurden über die Lochtablets ( $\emptyset$  5,7,9,11,13,15 mm) nach Größe sortiert. Die Beerengrößenverteilung und die Beerengewichte der einzelnen Fraktionen wurden quantitativ bestimmt. Von je 10 Beeren pro Größenklasse wurde die Kernanzahl und das Kerngewicht bestimmt.

Kurz vor der Lese wurde in den drei Untersuchungsjahren bei beiden Rebsorten bei je 4x100 Trauben pro Variante eine Botrytisbonitur durchgeführt. Während der Lese wurden Einzeltraubengewichte und der Ertrag von 20 Stöcken der in allen Jahren gespritzten Varianten und der Kontrolle bestimmt. 2006 brachen nach einem Starkregenereignis im Silvaner die Trauben zusammen, so dass während der Notlese keine stockgenauen Erträge bestimmt werden konnten.

### 2.2. Reifebonituren und Sensorik

Ab Reifebeginn wurden bis zur Lese in wöchentlichen Abständen bei den beiden Rebsorten Reifebonituren der durchgängig behandelten Varianten mit je 200 Beeren/ Variante durchgeführt, um die Reifeentwicklung der einzelnen Varianten zu verfolgen. Bestimmt wurden jeweils Mostgewicht, Gesamtsäure, pH und Zuckergehalt.

Zu Beginn des Weichwerdens der Beeren (BBCH 85) wurde 2007 zusätzlich das Mostgewicht einzelner Beerengrößenfraktionen untersucht.

Das Lesegut der einzelnen Versuchsvarianten wurde kellerwirtschaftlich ausgebaut und sensorischen Beurteilungen, auch auf eventuelle variantenbedingte Fehltöne (z.B. UTA) unterzogen. Die Verkostungen für den Jahrgang 2007 stehen noch aus.

### 2.3. Lebensfähigkeitstest der Kerne

Nach der Lese wurden die Kerne der einzelnen Varianten einem Lebensfähigkeitstest unterzogen. Je hundert Kerne zweier Kerngrößenklassen (klein: Länge < 6mm, Breite < 3mm; groß: Länge > 6mm, Breite > 3mm) wurden einem Standardtest (ISTA Handbuch 1986) unterzogen, mit Tetrazolium angefärbt und auf die Lebensfähigkeit der Embryonen und des Nährgewebes untersucht.

## 2.4. Austriebs- und Gescheinsbonituren

Zur Untersuchung möglicher Nebenwirkungen wurden 2007-2009 bei beiden Rebsorten bei jeweils 6x4 Stöcken/ Variante Austriebs- und Gescheinsbonituren durchgeführt.

## 2.5. Pollenschlauchuntersuchungen

Zur Klärung des Einflusses von GA<sub>3</sub> und Prohexadione-Ca auf die Befruchtung wurde das Pollenschlauchwachstum im Griffelgewebe bis zu den Samenanlagen nach der fluoreszenzmikroskopischen Methode von Preil (1970) untersucht, in der Anilinblau als Fluoreszenzfarbstoff zum Nachweis der Kallose in den Pollenschläuchen verwendet wird. Pollenschlauchuntersuchungen fanden in den Jahren 2006-2008 an den Rebsorten Silvaner und Grauburgunder statt. Zur Klärung der Sortenabhängigkeit der Pollenschlauchabundanz wurden 2008 bei weiteren 9 Rebsorten Pollenschlauchanalysen durchgeführt; bei den Sorten Grauburgunder und Silvaner wurden aus je zwei Weinbergen Proben genommen, um mögliche Standortunterschiede zu untersuchen. Die Pollenschlauchabundanz der einzelnen Sorten wurde als Gruppenmittelwerte mit Standardfehlern angegeben.

## 2.6. Verrieselung

Im zweiten und dritten Untersuchungsjahr wurden einige Stunden nach Abtrocknen der Spritzbeläge 3x4 erste Gescheine pro Variante aus dem mittleren Bereich der Boglebe in luftdurchlässigen Gazebeuteln eingetütet. Die verrieselten Fruchtknoten bzw. Beerchen wurden über mehrere Wochen täglich geleert und in FAA Fixierlösung (50% Äthanol : Essigsäure : Formaldehyd = 8:1:1 v/v/v) aufbewahrt. Die Gazebeutel wurden nach Ende der Verrieselungsphase (BBCH 75) entfernt. Zum Vergleich wurden in beiden Jahren je 80 Beerchen an Rappen der einzelnen Varianten aus jährlich behandelten Parzellen zu verschiedenen Entwicklungszeitpunkten entnommen.

Während der Hauptverrieselungsphase wurden je 20 Fruchtknoten der beiden am häufigst verrieselten Beerengrößen histologisch untersucht. Die Präparate wurden nach der Entlüftung in Paraffin eingebettet und Längsschnitte angefertigt. Die Schnittdicke betrug 6µm (in Einzelfällen 12µm). Die Schnitte wurden mit Astrablau (0,2 %) und Safraninrot (0,1 %) angefärbt. Die verrieselten Fruchtknoten entsprachen, abgesehen von vertrockneten Fruchtknoten ohne Wachstum, die zu trocken und spröde für eine histologische Bearbeitung sind, in ihrer Größe den Entwicklungsstadien BBCH 69 bis BBCH 71. Entsprechend wurden je 20 von verschiedenen Rappen der einzelnen Varianten entnommene Fruchtknoten dieser Größen vergleichend histologisch untersucht. Da ein Großteil der Proben aus dem Jahr 2008 durch einen technischen Defekt eines Kühlschranks erfroren waren, wurden Mischproben aus den Jahren 2007 und 2008 untersucht. Insgesamt wurden über 14500 histologische Schnitte erstellt und ausgewertet.

## 2.7. Hormonphysiologische Untersuchungen

Die GA<sub>3</sub>-behandelte Variante lässt sich nicht auf endogene Gibberellin-Säuren (GA) untersuchen, da der Wirkstoff auch kleinere Mengen anderer Gibberellinsäuren enthält, die im pflanzlichen Hormonstoffwechsel vorkommen. Zur Bestimmung des hormonphysiologischen Status der beiden anderen Varianten, Regalis und Kontrolle, wurde bei beiden Rebsorten zum Blühbeginn (BBCH 61), während der abgehenden Blüte (BBCH68), Schrotkorn- (BBCH 73) und Erbsengröße (BBCH 77) der Beeren Proben entnommen, gefriergetrocknet und anschließend die endogenen Gibberellinsäuren extrahiert. Die GCMS-Analysen werden in Kooperation mit Prof. T. Lange an der TU Braunschweig durchgeführt; bisher liegen aussagekräftige Ergebnisse nur für das Jahr 2006 vor.

## 2.8. Statistische Auswertung

Soweit nicht anders beschrieben, werden Daten mit Mittelwerten  $\pm$  Standardabweichung dargestellt. Mittelwertsvergleiche wurden varianzanalytisch berechnet; bei nicht-homogenen Varianzen wurden entsprechende Transformationen der Daten vorgenommen. Mittelwertsvergleiche diskreter Merkmale wurden mit Kruskal-Wallis-ANOVAS durchgeführt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Trauben- und Ertragsbonituren

Unabhängig von der saisonal bedingten Lockerbeerigkeit zeigte die Gibb3-Variante beim Silvaner in allen Untersuchungsjahren eine erhöhte Lockerbeerigkeit gegenüber der Kontrolle, während die Regalis-Variante schwächer und nur in zwei von drei Jahren reagierte. Beim Grauburgunder zeigten beide Wachstumsregulator-Varianten in zwei von drei Jahren eine erhöhte Lockerbeerigkeit (Abb.2).

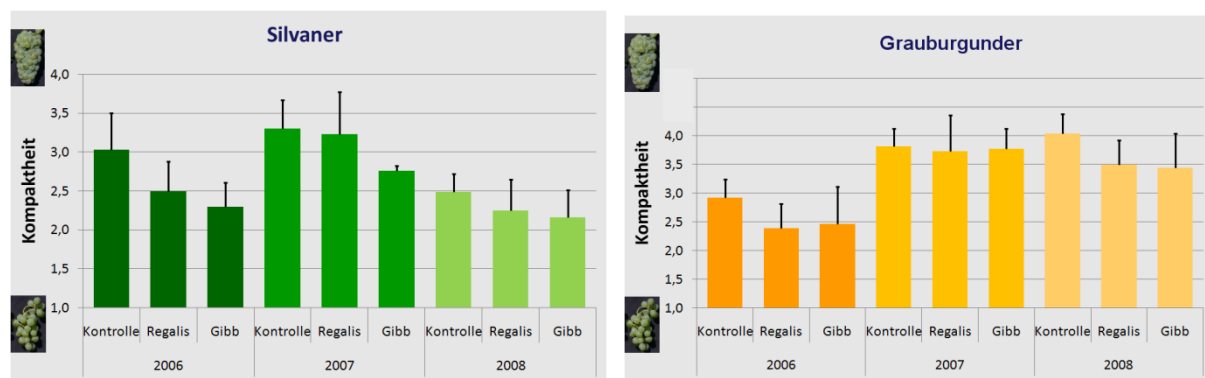
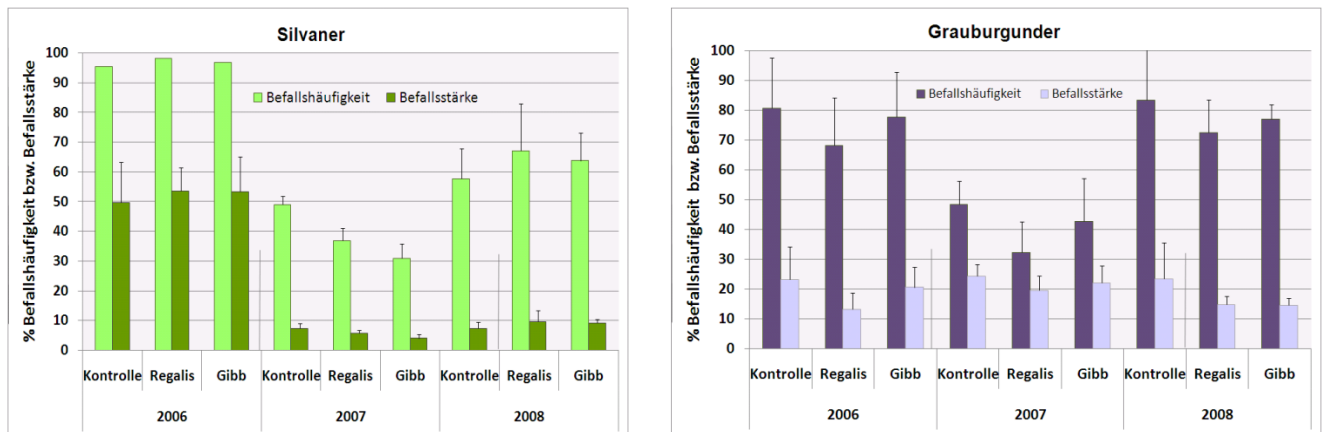


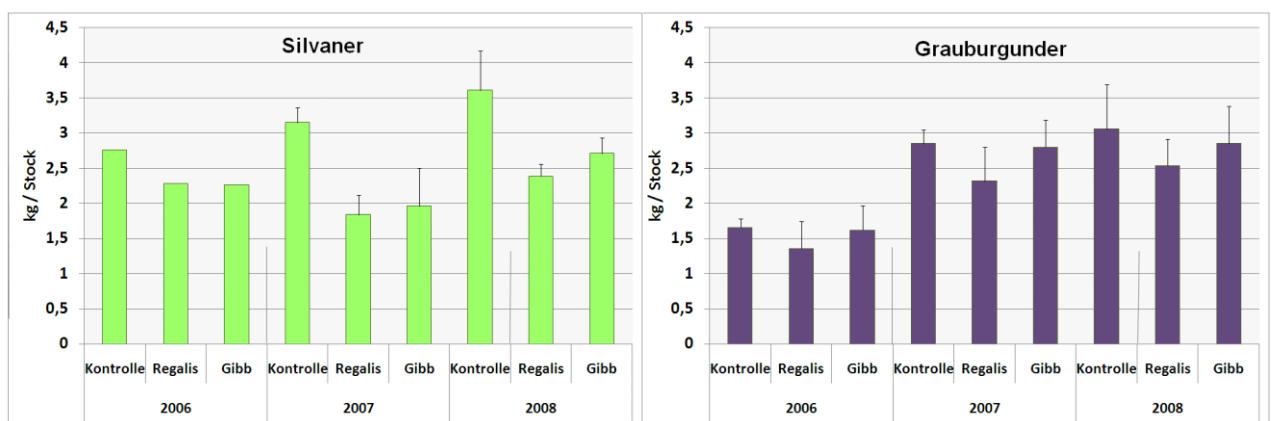
Abb.2: Lockerbeerigkeitsbonituren (100x4 Trauben/ Variante), 2006-2008.

Die Botrytisbonituren zeigten beim Silvaner nur im zweiten Untersuchungsjahr eine herabgesetzte Befallshäufigkeit und –stärke, die bei der Gibb3-behandelten Variante deutlich stärker ausfiel. Beim Grauburgunder reagierte die Regalis-Variante in allen drei Jahren mit einer niedrigeren Befallshäufigkeit und –stärke, während die Gibb3-Variante nur im letzten Jahr eine reduzierte Befallsstärke aufwies (Abb.3).

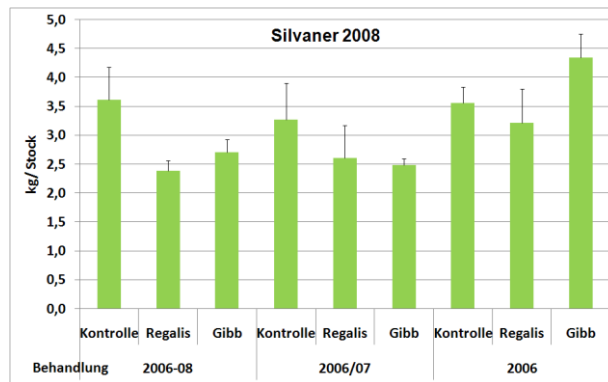
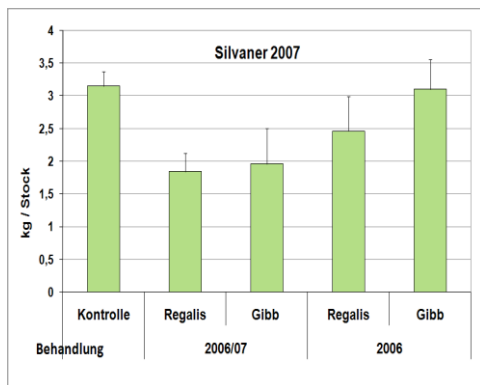


**Abb.3: Botrytisbonituren (100 x 4 Trauben/ Variante), 2006-2008.**

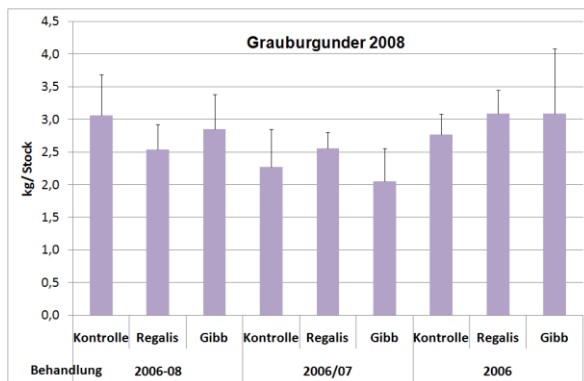
Die durchgängig behandelten Varianten zeigten beim Silvaner in allen Untersuchungsjahren herabgesetzte Stockerträge (ANOVA:  $F_{2007}=9.3$ ,  $p<0,01$ ,  $F_{2008}=12.4$ ,  $p<0,01$  Abb.4). 2007 unterschieden sich die nur im Vorjahr behandelten Varianten nicht von der Kontrolle ( $F=0.2$ ,  $p>0,05$ ; Abb.5). 2008 zeigten die in den beiden Vorjahren behandelten Varianten eine Tendenz zu erniedrigten Stockerträgen ( $F=3.0$ ,  $p=0,1$ ; Abb.5). Bei den nur 2006 behandelten Varianten hatte die Gibb-Variante einen überdurchschnittlichen Stockertrag ( $F=6.9$ ,  $p<0,05$ ; Abb.5). Beim Grauburgunder hatte nur die durchgängig behandelte Regalisvariante leicht verringerte Stockerträge (Abb.4), die sich statistisch jedoch nur für 2007 absichern ließen (ANOVA:  $F_{2006}=2.0$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2007}=3.8$ ,  $p=0,05$ ,  $F_{2008}=1.5$ ,  $p>0,05$ ). Die Varianten der Staffelspritzungen zeigten keine Unterschiede in den Stockerträgen ( $F_{2006}=3.3$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2006/07}=1.2$ ,  $p>0,05$ ; Abb.6).



**Abb.4: Stockerträge der durchgängig behandelten Varianten der Rebsorten Silvaner und Grauburgunder, 2006-2008.**



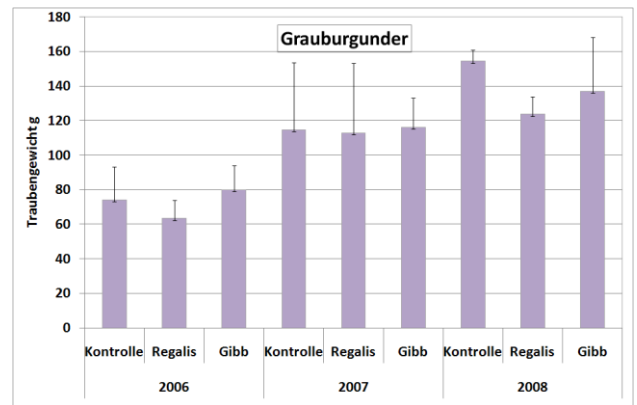
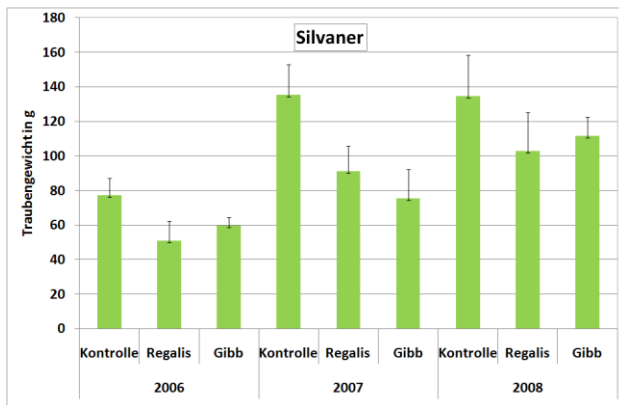
**Abb.5: Stockerträge aller Varianten der Rebsorte Silvaner, 2007 und 2008.**



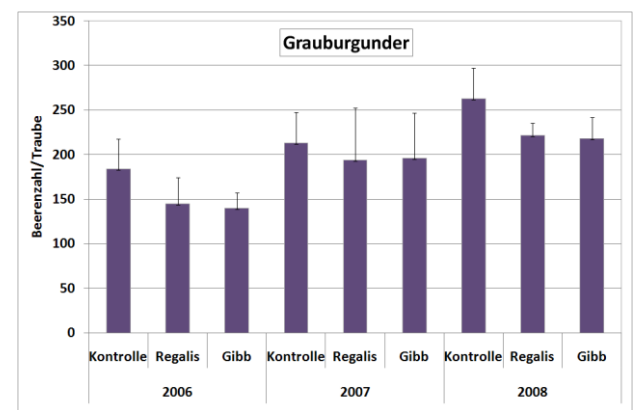
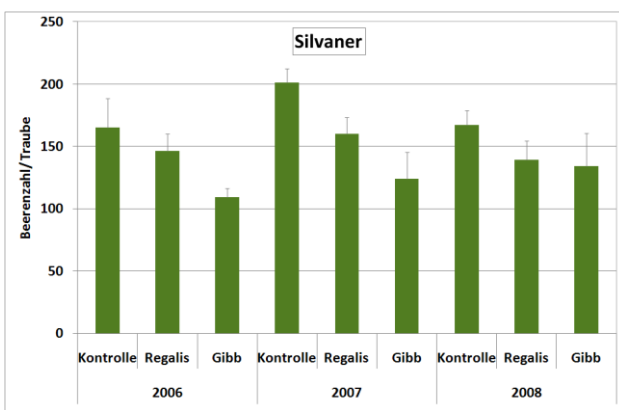
**Abb.6: Stockerträge aller Varianten der Rebsorte Grauburgunder, 2008.**

Zu Beginn der Reife hatten die durchgängig behandelten Varianten beim Silvaner in allen Untersuchungsjahren deutlich kleinere Traubengewichte als die Kontrolle (ANOVA:  $F_{2006}=5.9$ ,  $p=0,02$ ,  $F_{2007}=14.0$ ,  $p<0,01$ ,  $F_{2008}=2.7$ ,  $p=0,12$ , Abb.7) mit geringeren Beerenzahlen/ Traube (ANOVA:  $F_{2006}=5.8$ ,  $p<0,05$ ,  $F_{2007}=23.6$ ,  $p<0,01$ ,  $F_{2008}=3.7$ ,  $p=0,07$ ; Abb.8), während beim Grauburgunder keine Unterschiede im Traubengewicht (ANOVA:  $F_{2006}=1.2$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2007}=0.1$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2008}=2.76$ ,  $p=0,13$ ; Abb.7), aber in zwei von drei Untersuchungsjahren Tendenzen einer herabgesetzten Beerenanzahl/Traube (ANOVA:  $F_{2006}=3.0$ ,  $p=0,10$ ,  $F_{2007}=0.2$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2008}=3.8$ ,  $p=0,06$ ; Abb.8) zu verzeichnen waren.

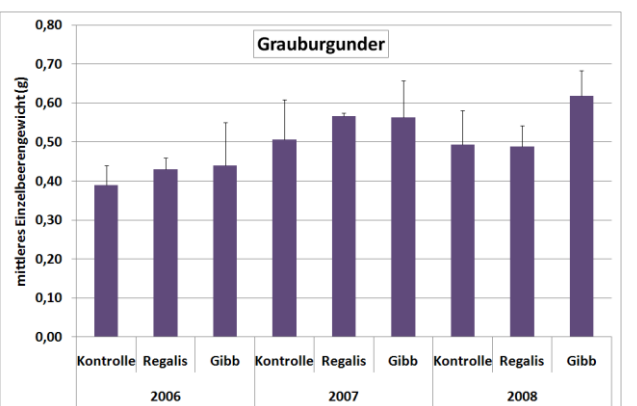
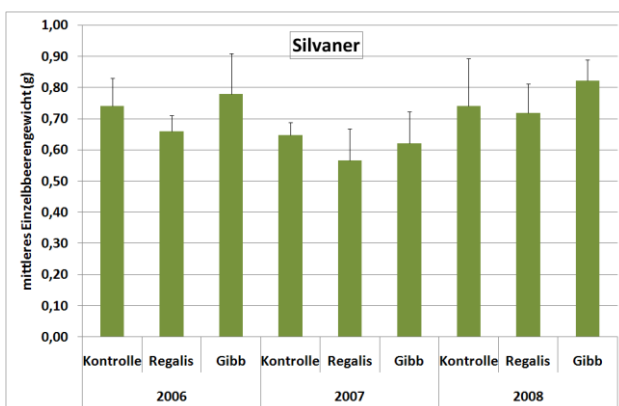
Die verschiedenen Varianten des Silvaner zeigten keine Unterschiede im durchschnittlichen Einzelbeerengewicht (ANOVA:  $F_{2006}=1.1$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2007}=0.33$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2008}=0.98$ ,  $p=0,05$ ; Abb.9). Auch beim Grauburgunder wurden in den Untersuchungsjahren keine Unterschiede zwischen den Varianten beobachtet; lediglich die Gibb3-Variante im letzten Jahr hatte tendenziell ein überdurchschnittlich großes Einzelbeerengewicht (ANOVA:  $F_{2006}=1.4$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2007}=0.5$ ,  $p>0,05$ ,  $F_{2008}=3.1$ ,  $p=0,08$ ; Abb.9).



**Abb.7: Mittleres Traubengewicht der durchgängig behandelten Varianten zu Beginn der Reife, 2006-2008.**

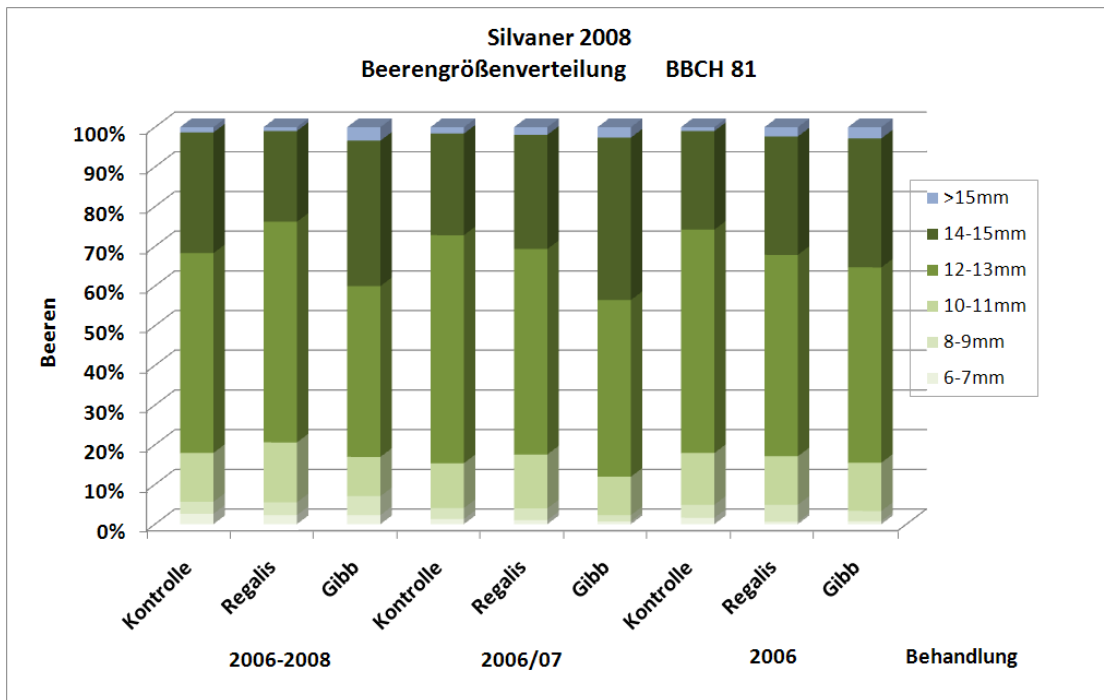


**Abb.8: Mittlere Beerenzahl/ Traube bei den durchgängig behandelten Varianten zu Beginn der Reife, 2006-2008.**

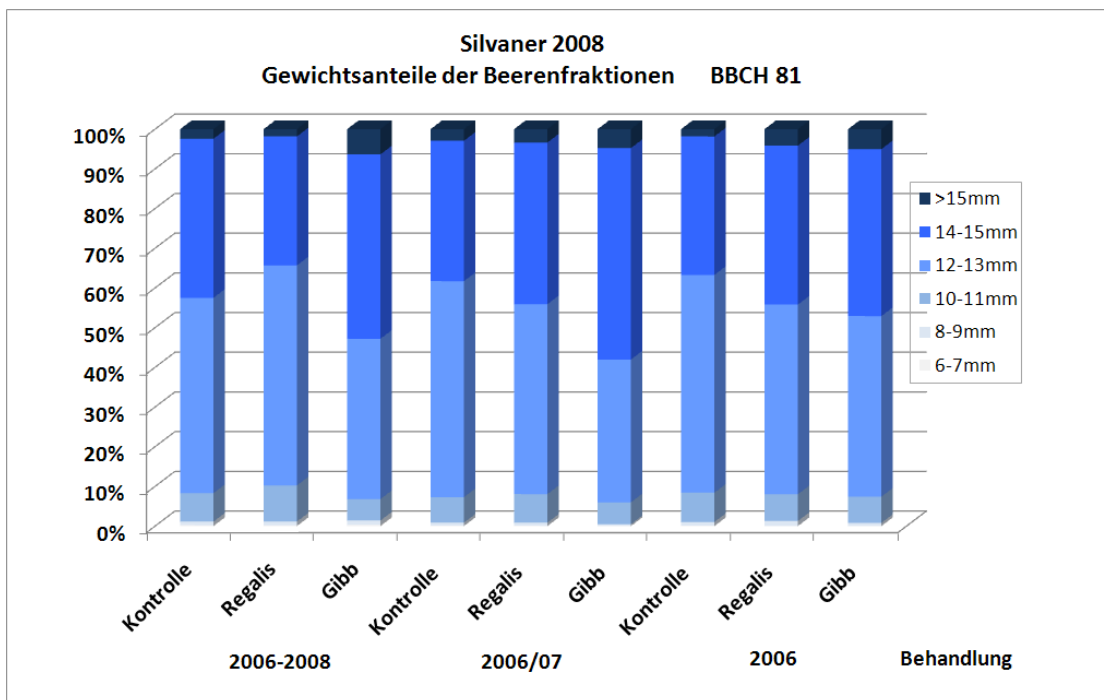


**Abb.9: Mittleres Einzelbeerenengewicht der durchgängig behandelten Varianten zu Beginn der Reife, 2006-2008.**

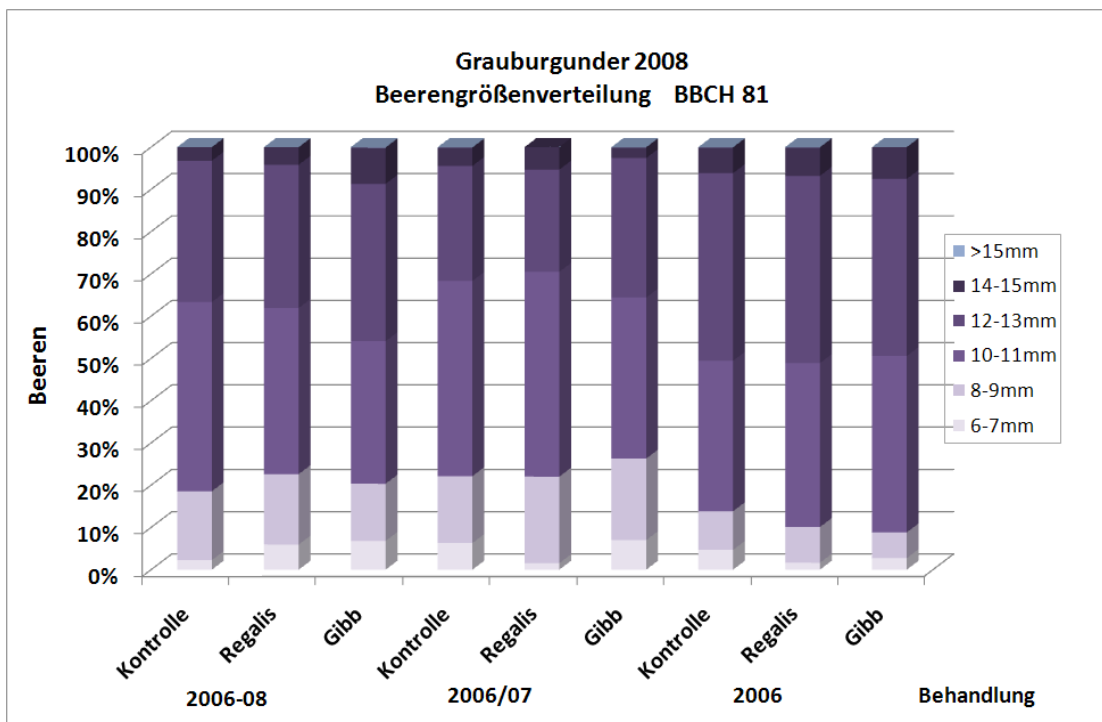
Die Beerengrößenverteilung und die Gewichtsanteile der einzelnen Fraktionen zu Beginn der Reife zeigen, dass bei beiden Rebsorten nur Beerengrößen mit einem Durchmesser über 10mm ertragsmäßig von Bedeutung sind (Abb.10-13).



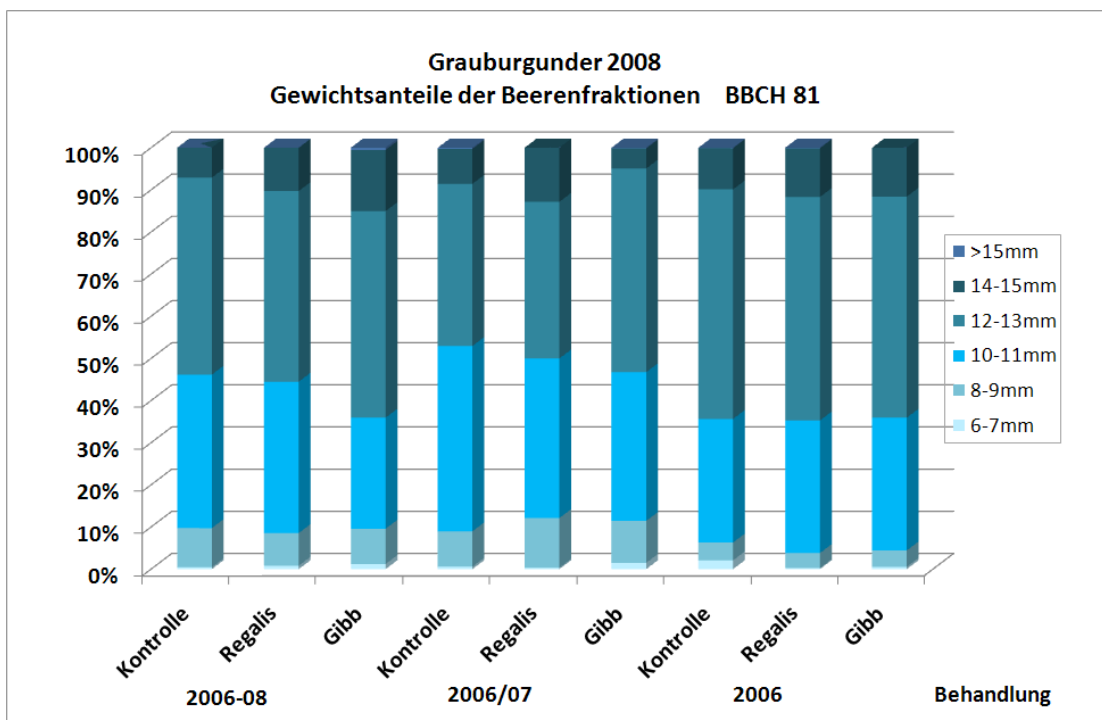
**Abb.10: Silvaner: Prozentuale Beerengrößenverteilung zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten.**



**Abb.11: Silvaner: Gewichtsanteile der einzelnen Beerengrößenfraktionen zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten.**



**Abb.12: Grauburgunder: prozentuale Beerengrößenverteilung zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten.**



**Abb.13: Grauburgunder: Gewichtsanteile der einzelnen Beerengrößenfraktionen zu Beginn der Reife der in allen Jahren, der 2006 / 2007 und der nur 2006 behandelten Varianten.**

Die einzelnen Beerengrößenfraktionen der verschiedenen Varianten unterschieden sich weder beim Silvaner noch beim Grauburgunder in der Kernanzahl (Abb.14); nur bei der kleinsten Beerengröße (6-7mm) neigte die Gibb3-Variante in allen Jahren zur Jungfernfrüchtigkeit.



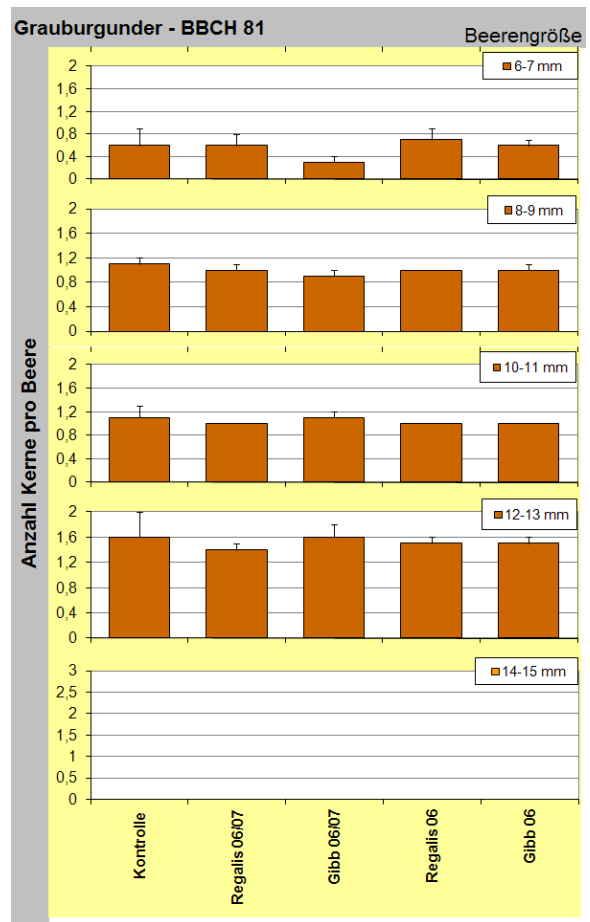
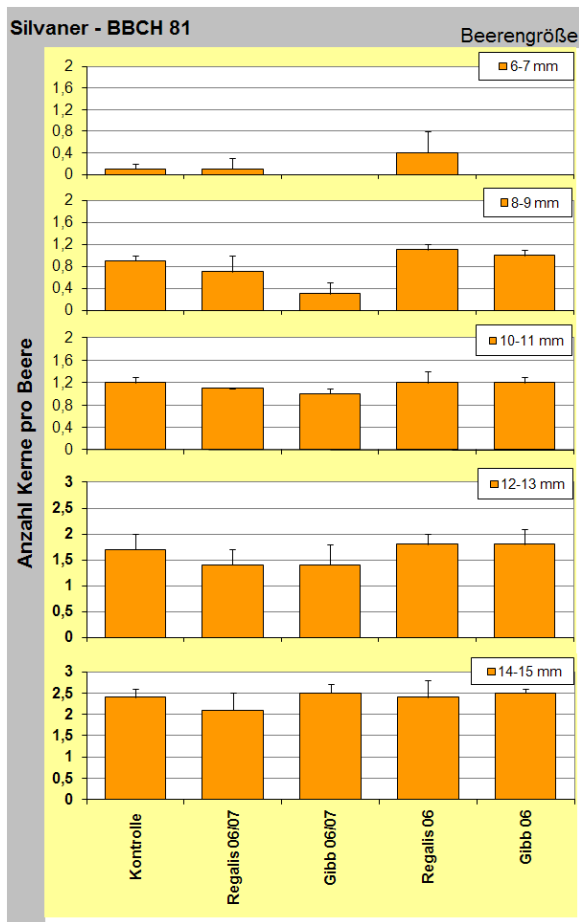


Abb.14: Mittlere Kernzahl der einzelnen Beerengrößenfraktionen der Untersuchungsvarianten bei Silvaner und Grauburgunder, 2007.

### 3.2. Lebensfähigkeitstest der Kerne

Bei den nach der Lese untersuchten Kernen des Silvaner zeigte die Regalis-Variante sowohl bei den kleinen als auch großen Kerngrößen jahresspezifische Unterschiede mit einer unterdurchschnittlichen Lebensfähigkeit im Jahr 2007 und einer überdurchschnittlichen Lebensfähigkeit im Jahr 2008 (Abb.15). Beim Grauburgunder waren in beiden Jahren kaum Unterschiede zwischen den Varianten feststellbar (Abb.16).

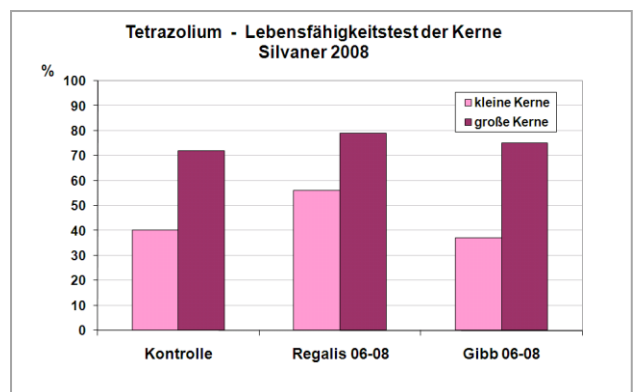
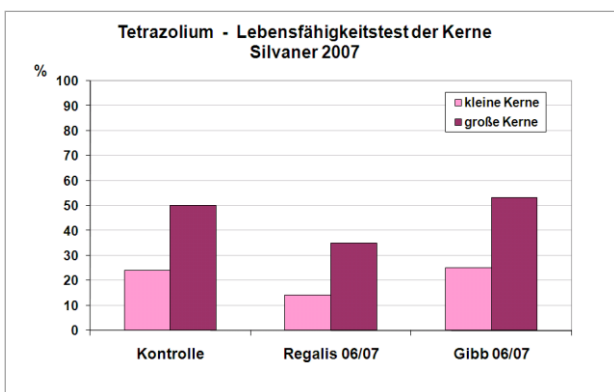


Abb.15: Prozentsatz lebensfähiger Kerne der verschiedenen Varianten des Silvaner, 2007 und 2008.

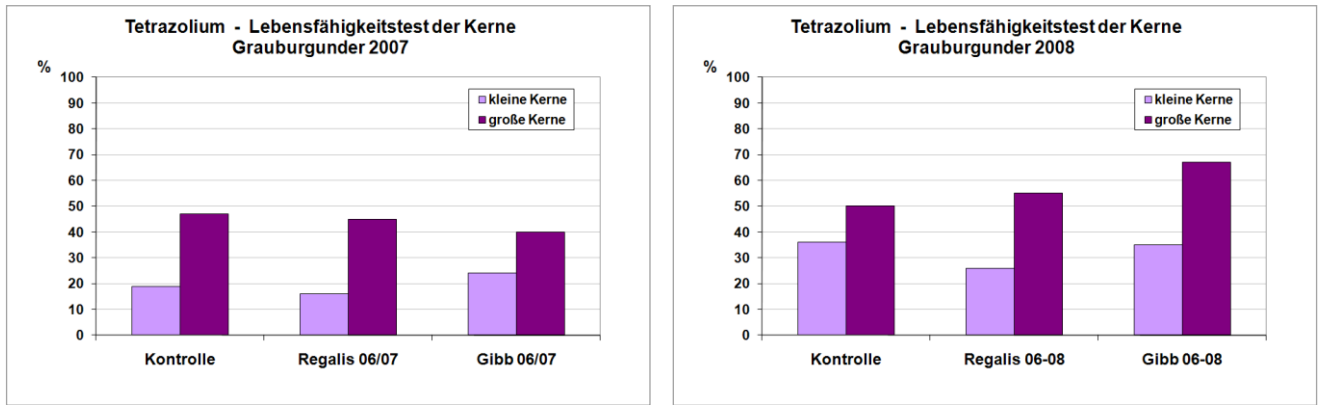


Abb.16: Prozentsatz lebensfähiger Kerne der verschiedenen Varianten des Grauburgunder, 2007 und 2008.

### 3.3. Austriebs- und Gescheinsbonituren

In keinem der Untersuchungsjahre gab es Unterschiede im Austrieb der einzelnen Varianten der beiden Rebsorten. Die behandelten Varianten des Silvaners hatten bis auf 2009 jeweils in dem der letzten Behandlung folgenden Jahr eine signifikant geringere Anzahl von Gescheinen pro Trieb (Kruskall-Wallis-ANOVA:  $X^2_{2007}=7.6$ ,  $p=0,02$ ,  $X^2_{2008}=7.7$ ,  $p=0,02$ ,  $X^2_{2009}=2.0$ ,  $p>0,05$ ; Abb.17), die vor allem auf die Reduktion dritter Gescheine zurückzuführen waren (Abb.18). Zwei ( $X^2=0.01$ ,  $p>0,05$ ) oder drei Jahre nach der letzten Behandlung ( $X^2=2.0$ ,  $p>0,05$ ) wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten beobachtet. Beim Grauburgunder hatte die durchgängig gespritzte Regalis-Variante in allen Jahren eine leicht erhöhte Anzahl von Gescheinen gegenüber den anderen beiden Varianten, die aber nur 2008 statistisch signifikant war (Kruskall-Wallis-ANOVA:  $X^2_{2007}=4.3$ ,  $p>0,05$ ,  $X^2_{2008}=9.1$ ,  $p=0,01$ ,  $X^2_{2009}=1.5$ ,  $p>0,05$ ; Abb.17). Zwischen Varianten, die vor zwei ( $x^2=0,6$ ,  $p>0,05$ ) oder drei Jahren zuletzt behandelt worden waren ( $X^2=0.5$ ,  $p>0,05$ ), gab es keine Unterschiede in der Anzahl der Gescheine.

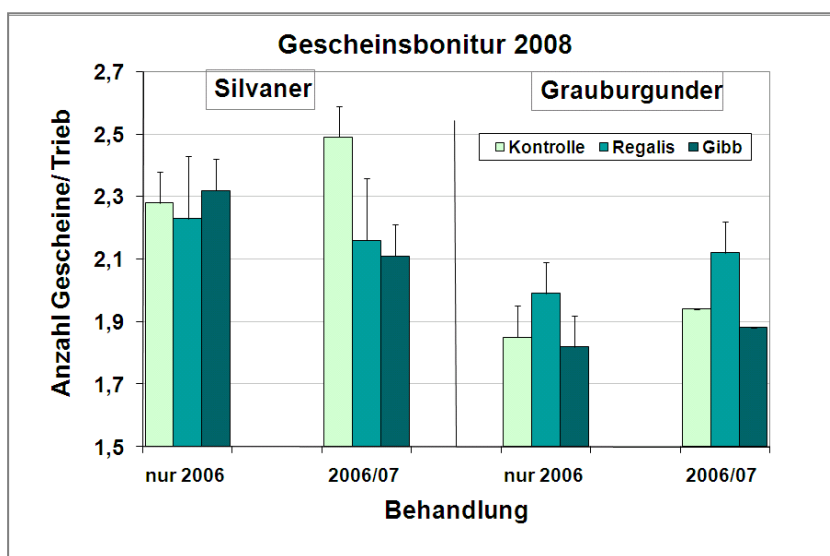


Abb.17: Gescheinsbonitur 2008 (6x4 Stöcke/Variante)

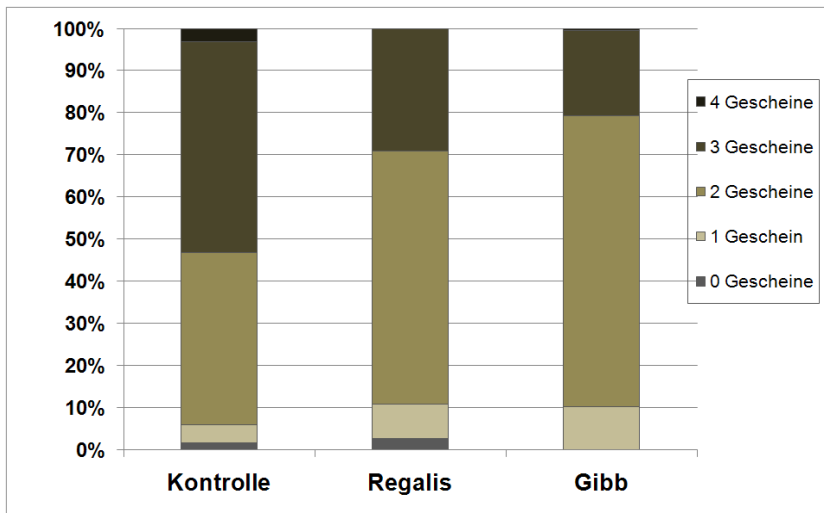


Abb.18: Prozentualer Anteil der Gescheinsklassen an den bonitierten Stöcken der verschiedenen Varianten, Silvaner 2008.

### 3.4. Reifeverlauf und Sensorik

#### 3.4.1. Reifeverlauf

Im Reifeverlauf war beim Silvaner in allen drei Untersuchungsjahren ein leichter Reifevorsprung der behandelten Varianten zu beobachten (Bsp. 2008: Abb.19), während die Abnahme der Gesamtsäure uneinheitlich verlief (Bsp. 2008: Abb.20). Beim Grauburgunder war nur 2008 ein leichter Entwicklungsvorsprung der beiden behandelten Varianten zu verzeichnen, der bis zur Lese ausgeglichen war (Bsp. 2008: Abb.19). In der Entwicklung der Gesamtsäure unterschieden sich die einzelnen Varianten in keinem der Jahre (Bsp. 2008: Abb.20).

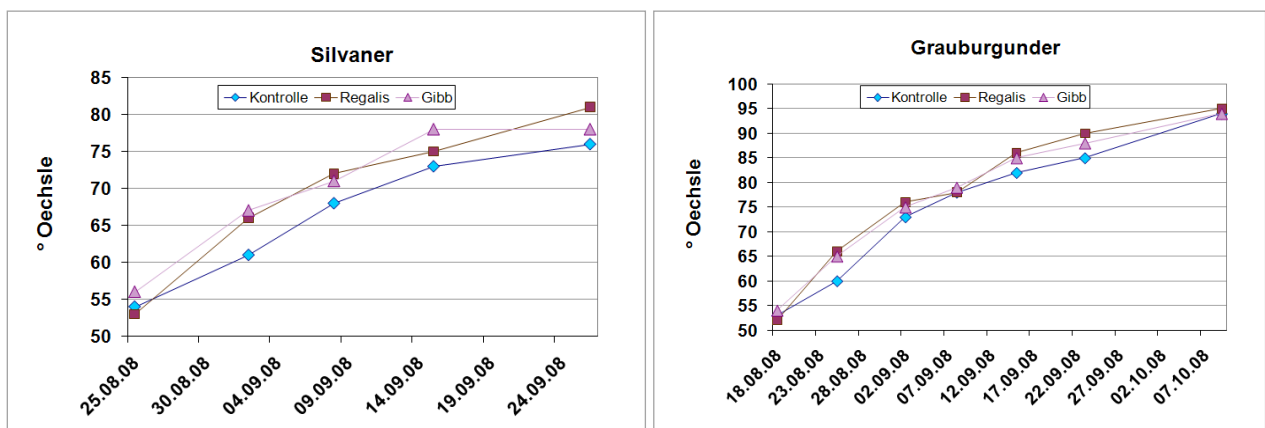
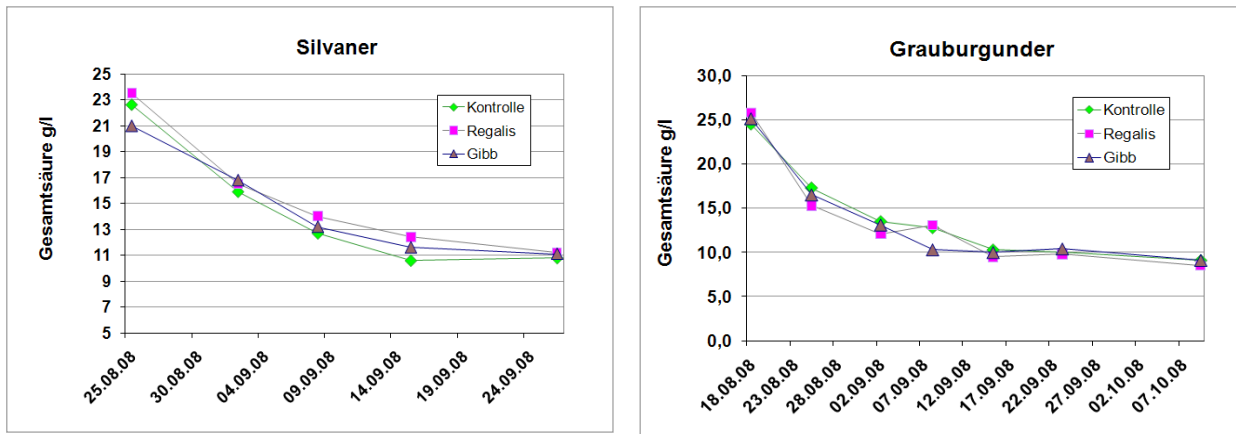
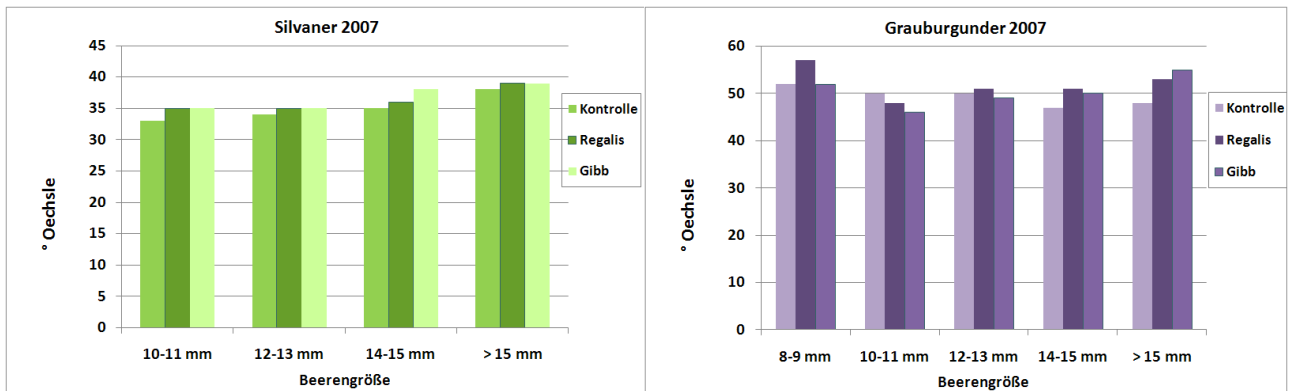


Abb.19: Reifeverlauf 2008



**Abb.20: Säureentwicklung während des Reifeverlaufs 2008**

Unterschiedliche Beerengrößen unterschieden sich zu Beginn des Weichwerdens der Beeren (BBCH 85) weder beim Silvaner noch beim Grauburgunder in ihren Mostgewichten (Abb.21).



**Abb.21: Mostgewichte verschiedener Beerengrößenfraktionen der Varianten des Silvaner und Grauburgunder, BBCH 85, 2007.**

### 3.4.2. Sensorik

Beim Silvaner 2006 schnitt die Regalis-Variante bei beiden Verkostungen am besten ab (Tab.1, 2), während beim Silvaner 2008 die Gibb3-Variante etwas besser bewertet wurde (Tab.3). Beim Grauburgunder 2006 war die Bewertung zwischen den beiden Verkostungen uneinheitlich (Tab.1, 2). 2008 schnitt die Gibb3-Variante am besten ab (Tab.3). Insgesamt sind die Unterschiede in der Bewertung zwischen den Varianten als gering einzustufen.

**Tab.1: Erste Verkostung des Jahrgangs 2006**

Bewertung: 0=stark fehlerhaft, 1=Mängel, leichte Fehler, 2=befriedigend, 3=gut, 4=sehr gut, 5=hervorragend

26.03.07	Geruch	Geschmack	Harmonie	Summe	Rang
<b>Silvaner Kontrolle</b>	2,0	1,9	1,9	5,8	<b>3</b>
<b>Silvaner Regalis</b>	2,2	2,2	2,2	6,6	<b>1</b>
<b>Silvaner Gibb</b>	2,0	2,2	2,2	6,4	<b>2</b>
<b>Grauburgunder Kontrolle</b>	2,6	2,5	2,4	7,5	<b>1</b>
<b>Grauburgunder Regalis</b>	2,2	2,7	2,3	7,2	<b>2</b>
<b>Grauburgunder Gibb</b>	2,3	2,4	2,4	7,2	<b>2</b>

**Tab.2: Zweite Verkostung des Jahrgangs 2006**

Bewertung: 0=stark fehlerhaft, 1=Mängel, leichte Fehler, 2=befriedigend, 3=gut, 4=sehr gut, 5=hervorragend

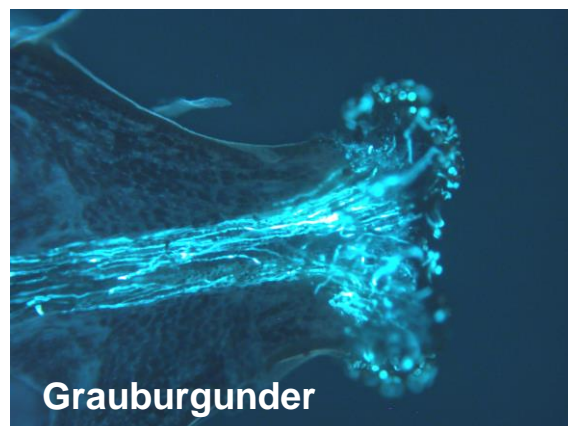
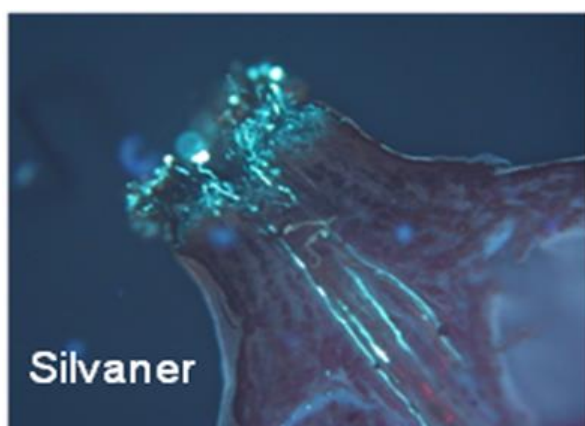
08.04.08	Geruch	Geschmack	Harmonie	Summe	Rang
Silvaner Kontrolle	1,9	1,9	1,8	5,5	2
Silvaner Regalis	1,9	2,1	2,1	6,1	1
Silvaner Gibb	1,9	1,9	1,8	5,5	2
Grauburgunder Kontrolle	2,0	1,9	1,9	5,7	3
Grauburgunder Regalis	2,0	2,3	2,1	6,4	2
Grauburgunder Gibb	2,2	2,3	2,3	6,8	1

**Tab.3: Erste Verkostung des Jahrgangs 2008**

25.05.09	Geruch	Geschmack	Harmonie	Summe	Rang
Silvaner Kontrolle	2,2	2,3	2,2	6,7	2
Silvaner Regalis	2,1	2,4	2,2	6,7	2
Silvaner Gibb	2,5	2,3	2,2	7,0	1
Grauburgunder Kontrolle	2,4	2,5	2,5	7,5	2
Grauburgunder Regalis	2,5	2,4	2,4	7,4	3
Grauburgunder Gibb	2,5	2,7	2,5	7,7	1

### 3.5. Pollenschlauchuntersuchungen

In allen Untersuchungsjahren wies der Grauburgunder während der abgehenden Blüte eine Vielzahl von in den Griffel einwachsenden Pollenschläuchen auf, während, unabhängig von der Behandlung, beim Silvaner nur vereinzelte Pollenschläuche beobachtet wurden. Anormales Pollenschlauchwachstum wurde bei keiner der Varianten beobachtet, so dass bei beiden Rebsorten von normalen Befruchtungsraten auszugehen ist (Abb.22).



**Abb.22: Pollenschläuche in längs halbierten Fruchtknoten bei den Rebsorten Silvaner und Grauburgunder während der Nachblüte. Pollenkörner und Pollenschläuche fluoreszieren nach Anilinfärbung türkis.**

Die Untersuchung von 9 weiteren Rebsorten mit bekannter Gibberellinsensitivität ergab, dass die Pollenschlauchabundanz der einzelnen Rebsorten negativ mit der Gibb3-

Sensitivität korreliert (Tab.4, Abb.23). Im Gegensatz dazu nahm die Regalis-Sensitivität tendenziell mit zunehmender Pollenschlauchabundanz der Rebsorten zu. Deutliche standortabhängige Unterschiede waren bei den Sorten Grauburgunder und Silvaner nicht zu beobachten (Tab.4).

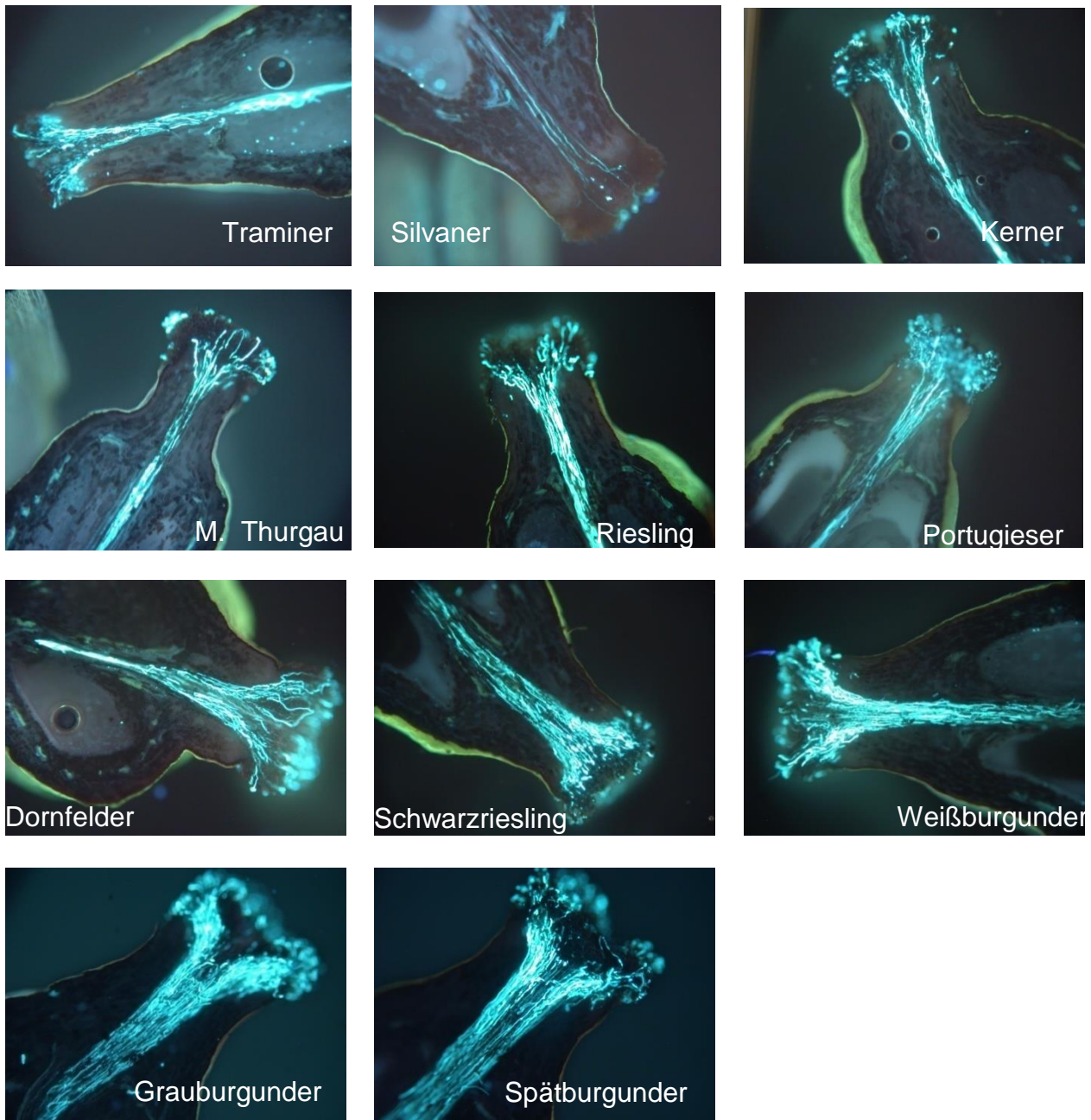
**Tab.4: Mittlere Pollenschlauchabundanz  $\pm$  Standardfehler (SE) verschiedener Rebsorten**

Rebsorte	mittlere Pollenschlauchabundanz $\pm$ SE	GIBB3-Sensitivität lt.Literatur	Regalis-Sensitivität lt. BASF
Traminer <sup>1</sup>	1,8 $\pm$ 0,9	++	++
Silvaner I <sup>2</sup>	1,9 $\pm$ 0,9	++	+/-
Silvaner II <sup>2</sup>	2,2 $\pm$ 0,8	++	+/-
Kerner <sup>3</sup>	2,6 $\pm$ 1,0	+	--
Müller-Thurgau <sup>4</sup>	2,7 $\pm$ 1,1	+	+
Riesling <sup>5</sup>	2,7 $\pm$ 0,7	++, +/-	++
Portugieser <sup>6</sup>	2,9 $\pm$ 0,9	--	++
Dornfelder <sup>7</sup>	3,0 $\pm$ 1,2	--	
Weißburgunder <sup>8</sup>	3,1 $\pm$ 1,1	--	++
Schwarzriesling <sup>9</sup>	3,4 $\pm$ 1,1	--	++
Grauburgunder I <sup>10</sup>	3,7 $\pm$ 1,2	--	++
Grauburgunder II <sup>10</sup>	4,1 $\pm$ 1,3	--	++
Spätburgunder <sup>11</sup>	4,1 $\pm$ 1,2	--	++

Pollenschlauchabundanzgruppen: 1 = 1-5 , 2 = 6-10, 3 = 11-15, 4 = 16-20, 5 = > 20 Pollenschläuche/ halber Fruchtknoten

GIBB3-Sensitivität: ++ hoch, + mittel, +/- gering, -- keine

<sup>1</sup> Theiler 1977, Hill 2003, <sup>2</sup> Hofmann 2004, Julliard & Balthazard 1965, Walg 2005, <sup>3</sup> eigene Ergebnisse, <sup>4</sup>Siegfried et al. 2008, <sup>5</sup> Theiler 1977, <sup>5</sup> Hill et al. 2003, Julliard & Balthazard 1965, Walg 2005, Weyand & Schultz 2006, <sup>6</sup> Hill et al. 2003, Regner et al. 2002, <sup>7</sup> Hill 2003, <sup>8</sup> Julliard & Balthazard 1965, Roschatt et al. 2003, <sup>9</sup> Kast et al. 2005, <sup>10</sup>Hofmann 2004, Julliard & Balthazard 1965, Siegfried et al. 2008, <sup>11</sup> Roschatt et al. 2003, Siegfried et al. 2008, Theiler 1977



**Abb.23: Pollenschlauchabundanz verschiedener Rebsorten mit bekannter Gibberellin-Sensitivität**

### 3.6. Verrieselung

#### 3.6.1. Verrieselungsverlauf

Nur ein geringer Anteil der Fruchtknoten verrieselte in den beiden Jahren direkt nach der Blüte. Der Hauptanteil verrieselte innerhalb einer knappen Woche, kurz bevor bzw. während die Gescheine das Stadium BBCH 73 (Schrotkorngröße) erreicht hatten (Bsp. Abb.24). Der zeitliche Verlauf der Verrieselung unterschied sich bei den einzelnen Varianten nicht.

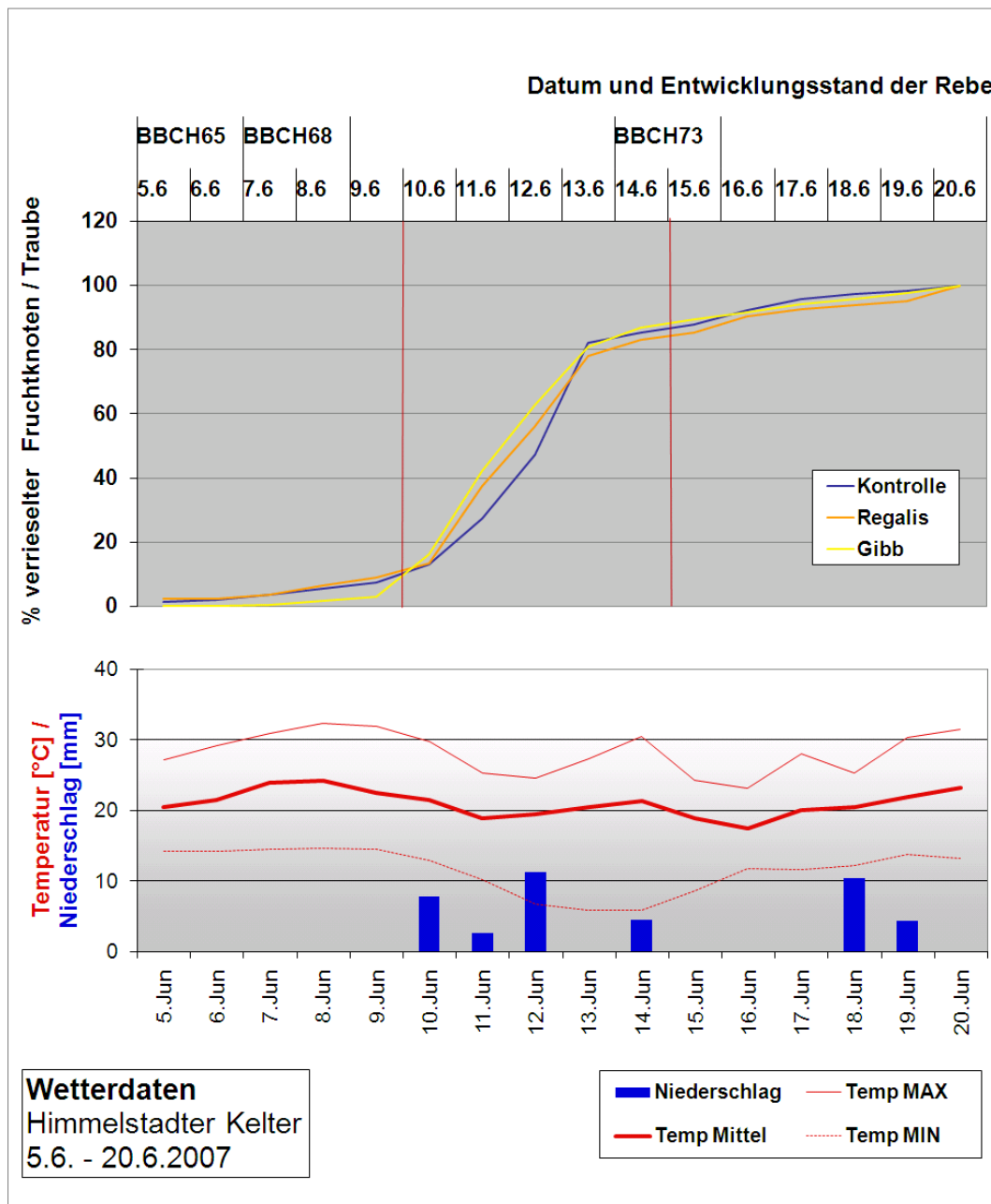
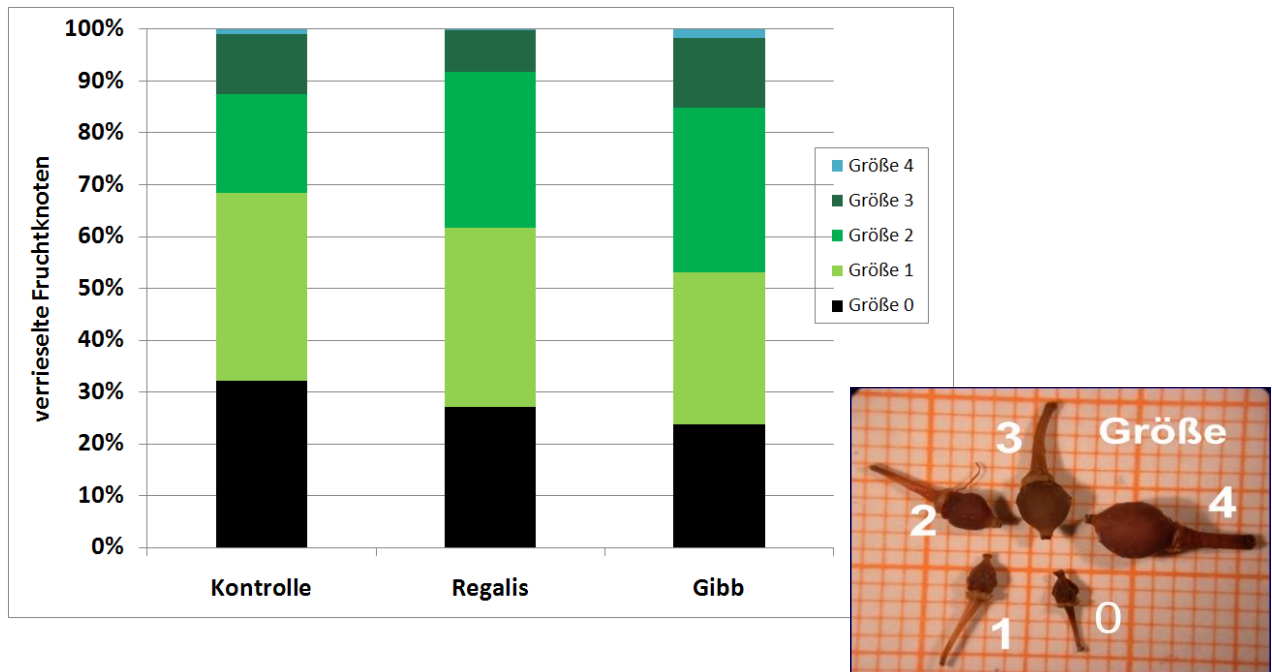


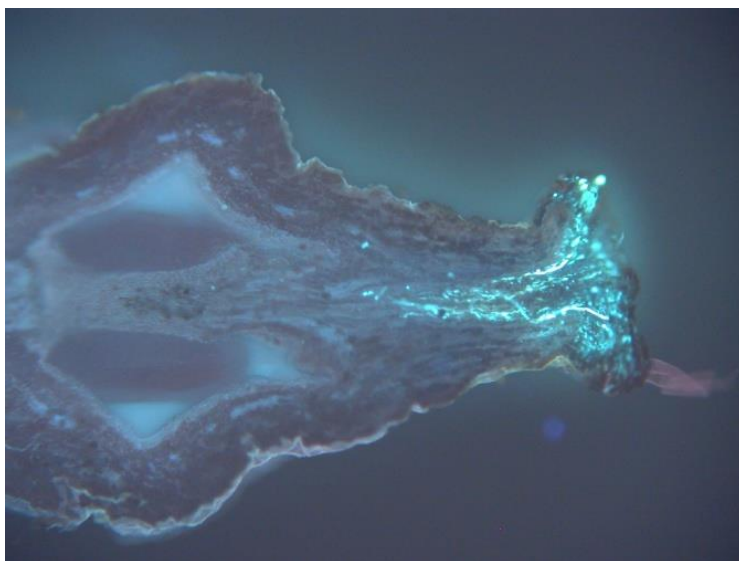
Abb.24: Zeitlicher Verrieselungsverlauf – Silvaner 2007



Die verrieselten Fruchtknoten waren nicht bis leicht vergrößert (Größe 2 entspricht BBCH 71) (Abb.25). Der Anteil vertrockneter, schwarz gefärbter Fruchtknoten (Größe 0) war umso höher, je niedriger die Temperaturen während der Blüte in den Untersuchungsjahren waren, und konnte über 40% betragen. Vereinzelt untersuchte vertrocknete Fruchtknoten zeigten zwar Pollenschlauchwachstum (Abb.26), allerdings ohne dass die Pollenschläuche das Griffelgewebe völlig durchwuchsen und die Micropyle erreichten.



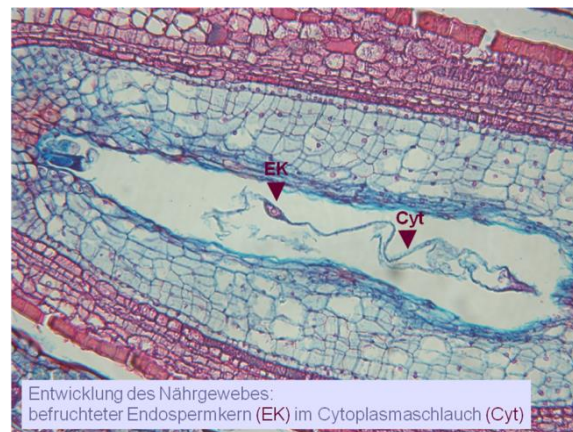
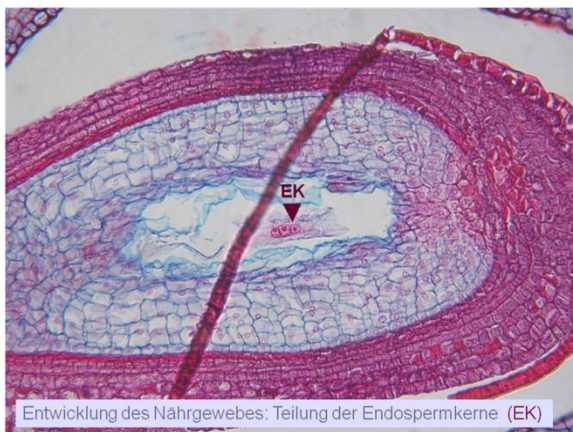
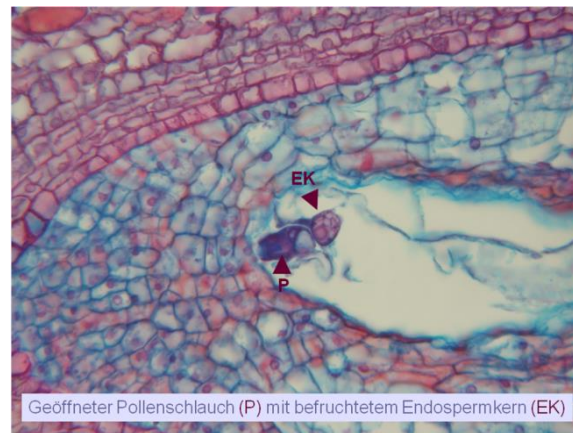
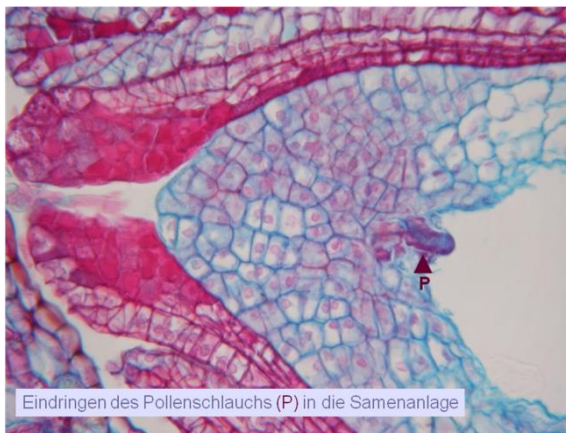
**Abb.25: Größenverteilung verrieselter Fruchtknoten – Grauburgunder 2008**



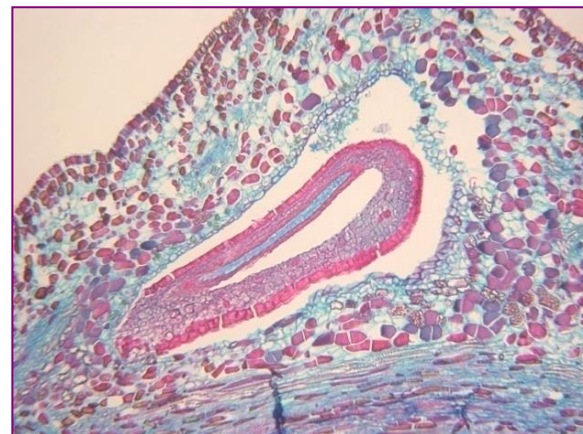
**Abb.26: Grauburgunder 2007: Längsschnitt durch vertrockneten schwarzen Fruchtknoten (Größe 0). Pollenschläuche fluoreszieren türkisfarben.**

### 3.6.2. Sortenspezifische Befruchtungsraten von Fruchtknoten am Rappen

Beim Grauburgunder hatten nach der abgehenden Blüte (BBCH 69/71) alle untersuchten Fruchtknoten mindestens eine befruchtete Samenanlage (Abb.27), während beim Silvaner 10%-35% (BBCH 69) bzw. 5%-20% (BBCH 71) (Tab.5) der Beeren völlig unbefruchtet waren (Abb.28), unabhängig davon, aus welchem Jahr die untersuchten Fruchtknoten stammten.



**Abb.27: Längsschnitte durch befruchtete Samenanlagen**



**Abb.28: Längsschnitte durch unbefruchtete Samenanlagen**

Betrachtet man die mittlere Anzahl befruchteter Samenanlagen pro Beere zu den genannten Entwicklungszeitpunkten (Tab.5), so ergibt sich beim Grauburgunder für alle Varianten eine zu erwartende Anzahl von 3-4 Kernen/ Beere, während beim Silvaner maximal 2 Kerne/ Beere ausgebildet werden sollten. Kernuntersuchungen der drei größten Beerenfraktionen zu Beginn der Reife haben ergeben, dass sowohl der Silvaner als auch der Grauburgunder im Schnitt knapp 2 Kerne/ Beere aufweisen (Tab.6).

**Tab.5: Prozent befruchteter Samenanlagen/ Fruchtknoten (FK) am Rappen, 2008**

BBCH 69	Grauburgunder			Silvaner		
	Kontrolle	Regalis	Gibb	Kontrolle	Regalis	Gibb
% befruchtete Samenanlagen/ FK, Mittelwert $\pm$ SD	78 $\pm$ 25	78 $\pm$ 16	68 $\pm$ 29	45 $\pm$ 25	32 $\pm$ 28	44 $\pm$ 33
Median	75	75	75	50	38	38
% unbefruchteter Fruchtknoten	0	0	0	10	35	15
BBCH 71						
% befruchtete Samenanlagen/ FK, Mittelwert $\pm$ SD	83 $\pm$ 19	90 $\pm$ 17	82 $\pm$ 20	63 $\pm$ 32	41 $\pm$ 28	50 $\pm$ 26
Median	78	100	88	75	50	50
% unbefruchteter Fruchtknoten	0	0	0	5	20	10

**Tab.6: Mittlere Kernzahl der Beeren zu Beginn der Reife, 2008. Berücksichtigt wurden Beeren mit einem Durchmesser > 10mm.**

	Kontrolle	Regalis	Gibb
<b>Grauburgunder</b>	1,7	1,7	1,6
<b>Silvaner</b>	1,8	1,7	1,8

### 3.6.3. Sortenspezifische Befruchtungsraten verrieselter Fruchtknoten

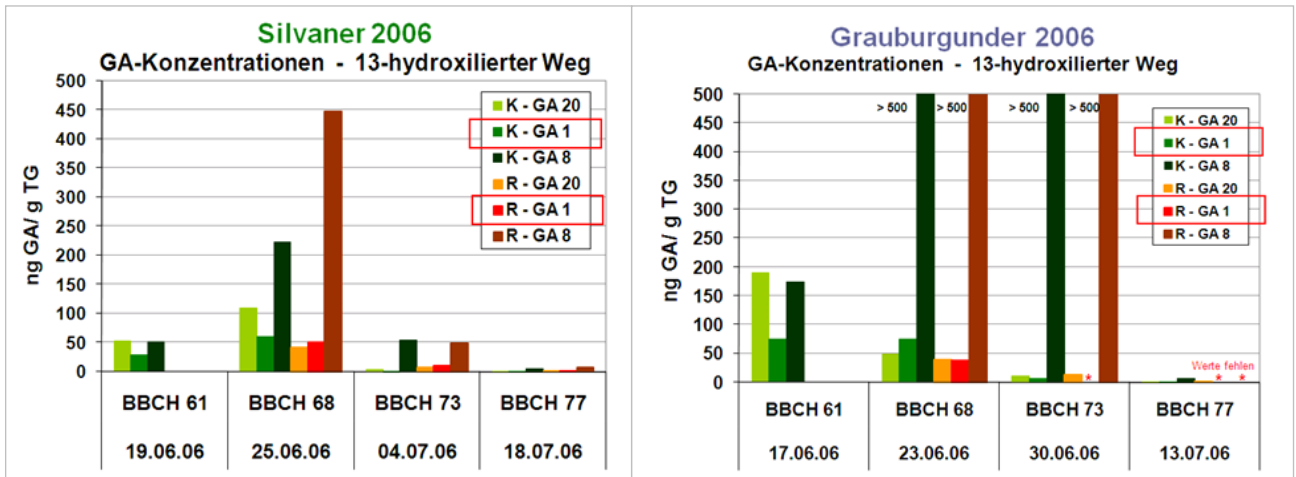
Sortenspezifische Unterschiede zeigten sich in beiden Jahren gleichermaßen: im Schnitt hatte der Grauburgunder mit 25-30% befruchteter Samenanlagen der verrieselten Fruchtknoten der Größenklassen 1+2 eine höhere Befruchtungsrate als der Silvaner mit 14-18% (Tab.7). Beim Grauburgunder waren 33-48% der untersuchten Fruchtknoten (Gr.1+2) gänzlich unbefruchtet, während der Anteil beim Silvaner mit 60% deutlich höher lag.

**Tab.7: Prozent befruchteter Samenanlagen/ verrieseltem Fruchtknoten (FK)**

Fruchtknotengrößen 1+2	Grauburgunder			Silvaner		
	Kontrolle	Regalis	Gibb	Kontrolle	Regalis	Gibb
% befruchtete Samenanlagen/ FK Mittelwert $\pm$ SD	29 $\pm$ 27	30 $\pm$ 30	25 $\pm$ 31	15 $\pm$ 23	14 $\pm$ 21	18 $\pm$ 26
Median	25	25	25	0	0	0
% unbefruchtete Fruchtknoten	33	40	48	60	60	60

### 3.7. Endogene Gibberellinsäurekonzentrationen

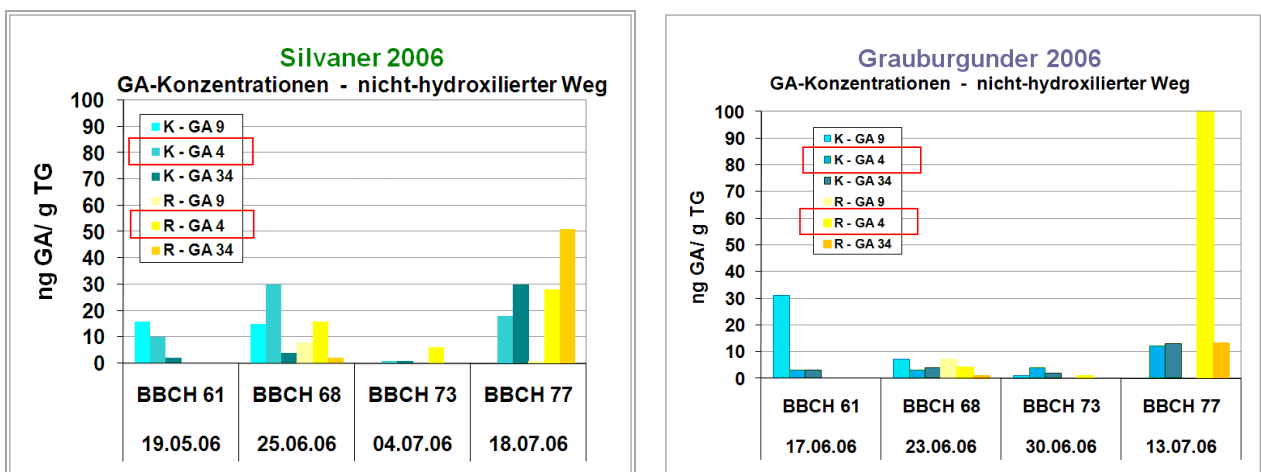
Die endogenen GA-Konzentrationen der untersuchten Gibberellinsäuren des 13-hydroxilierten Gibberellinbiosyntheseweges lagen beim Grauburgunder während der Vorblüte deutlich höher als beim Silvaner. Darüber hinaus hatte der Grauburgunder während der frühen Beerenentwicklung sowohl bei der Kontrolle als auch bei der Regalisvariante wesentlich höhere  $GA_8$ -Werte als der Silvaner, die sich als Abbauprodukt des aktiven Pflanzenhormons  $GA_1$  akkumulieren (Abb.29). Da diese Werte unerwartet hoch waren und ein zu geringer Standard bei der Bestimmung des  $GA_8$ -Status eingesetzt wurde, konnte die genaue Höhe der  $GA_8$ -Konzentrationen beim Grauburgunder nicht



bestimmt werden.

**Abb.29: Endogene Gibberellinsäurekonzentrationen ( $GA_{20}$ ,  $GA_1$ ,  $GA_8$ ) des 13-hydro-xilierten Biosyntheseweges während der frühen Beerenentwicklung bei Silvaner und Grauburgunder; K=Kontrolle, R=Regalis**

In weit geringerem Maße wird bei der Rebe auch der nicht-hydroxilierte Biosyntheseweg begangen, der beim Silvaner etwas stärker ausgeprägt ist (Abb.30). Der hohe  $GA_4$ -Wert der Regalisvariante des Grauburgunders während des BBCH 77 dürfte auf eine Verunreinigung zurückzuführen sein.



**Abb.30: Endogene Gibberellinsäurekonzentrationen ( $GA_9$ ,  $GA_4$ ,  $G_{34}$ ) des nicht-hydroxilierten Biosyntheseweges während der frühen Beerenentwicklung bei Silvaner und Grauburgunder; K=Kontrolle, R=Regalis**

## 4. Diskussion

### 4.1. Sortenspezifische Reaktionen auf die Wachstumsregulatoren

Trotz der sehr geringen, praxisnahen Gibberellindosierung hatte die Gibb3-Variante beim Silvaner über den gesamten Untersuchungszeitraum wesentlich niedrigere Stockerträge als die Kontrolle, während sie beim Grauburgunder trotz deutlich höherer Dosierung keine verminderten Erträge erbrachte (BÖLL et al. 2009b).

Die Einbußen beim Silvaner gehen auf geringere Traubengewichte mit verringerten Beerenzahlen zurück, wie sie auch bei deutlich höheren Dosierungen von anderen Untersuchungsanstellern gefunden wurden (HOFMANN 2004, SEYSTAHL 2005); in den letzten beiden Jahren kommt die geringere Anzahl der im wesentlichen 3. Trauben pro Stock als Nebenwirkung der Behandlungen hinzu (BÖLL et al. 2009a). Die relativ hoch dosierte Regalis-Variante verhielt sich beim Silvaner analog zur Gibb3-Variante. Anders als bei höheren Dosierungen (HOFMANN 2004, SEYSTAHL 2005) waren die durchschnittlichen Beerengewichte der Gibb3-Variante in keinem Jahr erhöht. Beim Grauburgunder zeigte nur die Regalis-Variante in allen drei Jahren leicht erniedrigte Stockerträge, trotz der relativ niedrigen Dosierung, während die Gibb3-Variante wie in anderen Untersuchungen mit ähnlicher Dosierung keine Ertragseinbußen verzeichnete (HUBER 2005, KLEIN 2005, PETGEN 2006). Untersuchungen zur Beerengrößenverteilung zu Beginn der Reife ergaben, dass bei beiden Rebsorten nur Beerengrößen mit einem Durchmesser > 10mm ertragsmäßig ins Gewicht fallen. Kleine Beeren zeigten keine höheren Mostgewichte als größere Beeren. Eine deutliche Tendenz zur erhöhten Mischbeerigkeit, wie sie bei Weißburgunder (DÖRR, BASF, pers. Mittlg.), oder Jungfernbrüchtigkeit, wie sie für Acolon, Schwarzriesling und Spätburgunder (EBERLE 2006) bei Regalisanwendung beobachtet wurde, konnte bei den Regalis-Varianten im Versuch nicht festgestellt werden.

SEYSTAHL (2005) konnte für eine hochdosierten Gibb3-Variante im Silvaner eine stark erhöhte Lockerbeerigkeit mit deutlich reduzierter Botrytis-Befallshäufigkeit und -Befallsstärke nachweisen. Im Versuch zeigte die Gibb3-Variante im Silvaner in allen, die Regalis-Variante etwas schwächer ausgeprägt in zwei von drei Untersuchungsjahren erhöhte Lockerbeerigkeit, die sich aber nur 2007 in einer reduzierten Botrytis-Befallshäufigkeit der behandelten Varianten niederschlug. Im Jahre 2006 war die Botrytisbonitur jedoch nach einem unerwarteten Starkregenereignis, das zu einem völligen Zusammenbruch der Beerenhäute der Trauben führte, zu spät erfolgt. 2008 war der Silvaner auf Grund der kühlen Witterung während der Blüte insgesamt sehr lockerbeerig.

Obwohl der Grauburgunder zu Beginn der Reife kaum Behandlungsunterschiede im Traubengewicht und der Beerenanzahl/ Traube aufwies, hatten beide behandelten Varianten 2006 und 2008 eine erhöhte Lockerbeerigkeit, während 2007 keine Unterschiede zur Kontrolle zu finden waren. Die Regalis-Variante zeigte darüber hinaus in allen Jahren eine reduzierte Befallshäufigkeit und Befallsstärke gegenüber Botrytis,

während die Gibb3-Variante nur in den letzten beiden Jahren zu einer Befallsreduktion führte, die 2007 geringer als bei der Regalis-Variante ausfiel (Böll et al. 2009a). Durch Regalis-Anwendung wird nicht nur die Gibberellinbiosynthese, sondern auch der Phenolstoffwechsel beeinflusst. Dabei werden neuartige Flavonoide gebildet, die zu einer erhöhten Resistenz gegenüber dem Botrytiserreger führen können (PUHL et al. 2008).

Häufig beobachtet man bei höher dosierten Gibb3- und Regalis-Anwendungen eine Reifeverfrühung, die sich in einer früheren Ausfärbung der Trauben und höheren Mostgewichten äußert (BANGERTH & GÖTZ 1975, HILL et al. 2003, HOFMANN 2004, EBERLE 2006). Meist wird der Reifevorsprung unter guten Reifebedingungen bis zur Lese mehr oder weniger ausgeglichen (EBERLE 2006, HILL et al. 2003). Beim Silvaner war in allen drei Untersuchungsjahren ein leichter Reifevorsprung während des Reifeverlaufs beider behandelten Varianten zu beobachten, der aber auch auf die Mengengüterelationen zurückzuführen sein könnte. Beim Grauburgunder war nur 2008 ein leichter Entwicklungsvorsprung der beiden behandelten Varianten zu verzeichnen, der bis zur Lese ausgeglichen war. Bei den Verkostungen zweier Jahrgänge traten bei beiden Rebsorten nur geringfügige Unterschiede bei den sensorischen Bewertungen auf, in denen die behandelten Varianten tendenziell bevorzugt wurden. Ähnlich geringe, leicht positive Effekte fand HOFMANN (2004) nach relativ hoher Gibberellin-Dosierung bei den Sorten Silvaner und Müller Thurgau, während ROSCHATT et al. (2003) beim Blauburgunder bei ähnlicher Dosierung keine sensorischen Unterschiede zwischen den Varianten feststellen konnten. Dagegen wurden bei einer Aufwandmenge von 1,8kg/ha die Weine der Regalis-Varianten der Sorten Acolon und Schwarzriesling deutlich gegenüber der Kontrolle bevorzugt (Eberle 2006).

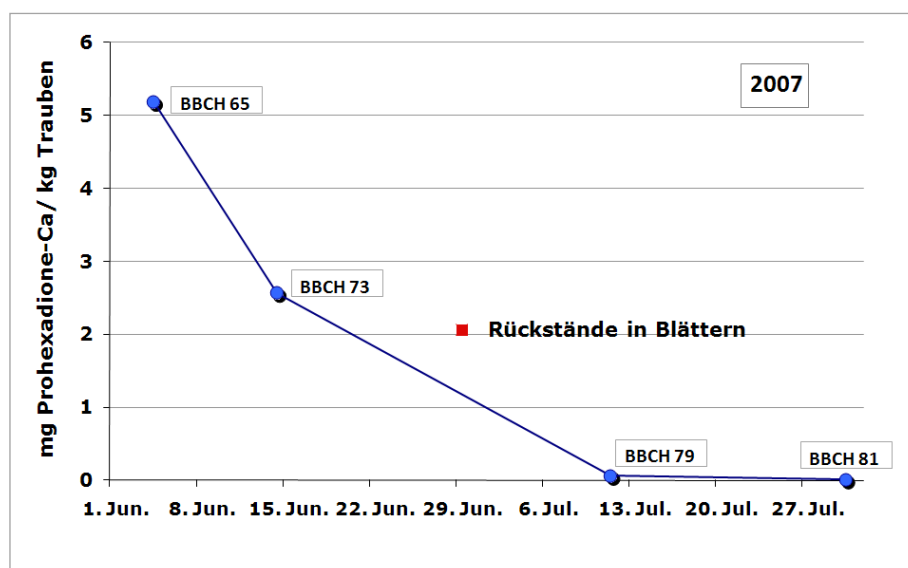
Neben den direkten Effekten der applizierten Gibberelline werden häufig unerwünschte, stark sortenspezifische Langzeiteffekte beobachtet: während Spätburgunder, Schwarzriesling und auch Portugieser selbst bei höheren Gibb3-Dosierungen keine Verringerung der Knospenfruchtbarkeit zeigen, reagieren Riesling, Traminer, Müller-Thurgau und Silvaner mit deutlich geringeren Gescheinsansätzen und Einbußen von bis zu über 50% im Folgejahr (HILL et al. 2003, HOFMANN 2004, ROSCHATT et al. 2003, SEYSTAHL 2005, SIEGFRIED et al. 2008, WALG 2005); verspäteter Austrieb ist bei hohen Dosierungen nicht selten. Im Versuchsansatz wurde bei den verwendeten praxisnahen Dosierungen in keinem der Jahre ein verzögerter Austrieb bei den behandelten Varianten der beiden Rebsorten beobachtet. Beim Grauburgunder war wie erwartet keine Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit zu beobachten, allerdings zeigte die Regalis-Variante in einem der Jahre einen signifikant erhöhten Gescheinsansatz. Trotz der geringen Gibb3-Dosierung beim Silvaner war der Gescheinsansatz der Gibb3-Variante in zwei von drei Jahren reduziert. Anders als bei höheren Dosierungen, wo es zu schwerwiegenden Einbußen auch bei den ersten beiden Gescheine kommen kann (HOFMANN pers. Mittlg., SEYSTAHL 2005), basierte dies im Wesentlichen auf der Reduktion dritter Gescheine, die durch Mangelernährung im Normalfall qualitativ minderwertig und eher von Nachteil sind. Dieselben Effekte wurden bei der Regalis-Variante beobachtet, bei der keine Nebenwirkungen zu erwarten waren, da hier keine exogenen GAs verabreicht, sondern

nur endogen vorhandene GAs gesteuert wurden (Rademacher, BASF, pers. Mittlg.). Die zweijährig behandelten Varianten zeigten beim Silvaner im darauffolgenden Jahr auf Grund des reduzierten Gescheinsansatzes noch Ertragseinbußen, während die einjährig behandelten Varianten keine Nachwirkungen mehr zeigten und eine langfristige Kumulation von Nebenwirkungen nicht zu erwarten ist.

Die Untersuchungen zur Lebensfähigkeit der Kerne zeigten beim Grauburgunder keine Effekte. Auch die Gibb3-Variante beim Silvaner hatte keine Nebenwirkungen, während sich für die Regalis-Variante in den einzelnen Jahren widersprüchliche Ergebnisse ergaben, die nur durch längerfristige Untersuchungen geklärt werden könnten. Für die Praxis sind auftretende Nebenwirkungen jedoch ohne Bedeutung.

#### 4.2. Ursachen sortenspezifischer Reaktionsunterschiede

Die sortenspezifischen Reaktionen auf die Wachstumsregulatoren scheinen durch die unterschiedlichen, endogenen Gibberellin-Konzentrationen und -Umsätze bedingt zu sein, die beim Grauburgunder um ein Vielfaches höher liegen als beim Silvaner, so dass exogene GA<sub>3</sub>-Applikationen hier wesentlich geringfügiger in den Hormonhaushalt eingreifen dürften. Unklar ist jedoch, warum die Regalisvariante beim Silvaner höhere GA<sub>8</sub>-Konzentrationen aufwies, also höhere GA-Umsätze im 13-hydroxilierten Biosyntheseweg hatte als die Kontrolle, zu Zeitpunkten im Entwicklungsverlauf, wo die GA-Kaskade durch das Prohexadione-Ca mit einer Halbwertszeit von ca. 2 Wochen blockiert sein sollte (Abb.31).



**Abb.31: Rückstandsanalysen der BASF von Regalis-behandelten Trauben des Silvaner, 2007**

Die unterschiedlichen endogenen Gibberellin-Konzentrationen der beiden Rebsorten scheinen in einem ursächlichen Zusammenhang mit den sortenspezifischen Unterschieden in der Anzahl einwachsender Pollenschläuche zu stehen, die beim Grauburgunder wiederum wesentlich höher ist ( BÖLL et al. 2009c). Untersuchungen verschiedener Pflanzenarten haben gezeigt, dass während der Blüte hohe Gibberellin-

Konzentrationen in den Staubbeutel und vor allem im Pollen zu finden sind (PHARIS & KING 1985), die einen Einfluss auf die Pollenkeimung und das Pollenschlauchwachstum und möglicherweise das Wachstum der Samenanlagen haben (IZHAKI et al., 2002, PHARIS & KING, 1985, SINGH et al., 2002).

Unsere Ergebnisse vergleichender Pollenschlauchuntersuchungen eines breiten Spektrums weiterer Rebsorten belegen, dass GA<sub>3</sub>-sensible Sorten wie der Silvaner, Traminer und Kerner insgesamt eine deutlich geringere Anzahl einwachsender Pollenschläuche zeigen als robustere Sorten wie Grau- und Spätburgunder (BÖLL et al. 2009c), so dass möglicherweise einfache mikroskopische Pollenschlauchanalysen Hinweise auf die GA-Sensitivität einer bisher nicht getesteten Rebsorte geben können. Lediglich der Riesling, der in unterschiedlichen Untersuchungen sehr unterschiedliche GA-Sensitivitäten mit teilweise gravierenden Nebenwirkungen gezeigt hat (HILL et al., 2003, JULLIARD and BALTHAZARD, 1965, WALG, 2005), lässt sich nicht eindeutig einordnen. Möglicherweise sind die Reaktionsweisen klonabhängig. Grundsätzlich reagiert der Riesling, anders als die anderen Rebsorten, auf Gibb3-Applikationen nicht mit Verrieselung, sondern mit einer Erhöhung der Beerenanzahl, wobei ein Großteil dieser Beeren klein und jungfernfrüchtig ist.

Regalis-sensitive Rebsorten scheinen zumindest tendenziell eine hohe Pollenschlauchabundanz zu haben. Dies wäre im Einklang mit dem Erklärungsansatz, dass durch den Biosynthesehemmer die zur Blüte endogen aktiven Gibberelline länger wirksam sind, dadurch zu Verrieselungseffekten führen und nur verzögert abgebaut werden. Allerdings bleibt der Widerspruch zu den gemessenen erhöhten endogenen GA-Umsatzraten bestehen, die beim Silvaner gegenüber der Kontrolle festgestellt wurden.

Die histologischen Untersuchungen zeigen ebenfalls starke sortenabhängige Unterschiede, die die Ergebnisse der Pollenschlauchuntersuchungen unterstützen: bei abgehender Blüte waren beim Grauburgunder alle am Rappen entnommenen Fruchtknoten befruchtet, während, je nach Behandlung, 10% bis 35% der untersuchten Fruchtknoten beim Silvaner unbefruchtet waren (BÖLL et al. 2009d). Die beiden Rebsorten unterschieden sich darüber hinaus im Degenerationstyp ihrer Samenanlagen: beim Grauburgunder waren im Schnitt 3-4 Samenanlagen befruchtet, von denen jedoch im weiteren Verlauf ca. 50% die Endospermentwicklung einstellten, so dass es zu keiner Samenentwicklung kam. Beim Silvaner dagegen, der mit 1-2 befruchteten Samenanlagen/ Fruchtknoten eine weit geringere Befruchtungsrate aufwies, entwickelten sich alle befruchteten Samenanlagen weiter, so dass beide Rebsorten zu Reifebeginn im Schnitt 1,7-1,8 Samen/ Beere aufwiesen (BÖLL et al. 2009d). Auch bei verrieselten Fruchtknoten lag der Prozentsatz unbefruchteter Fruchtknoten mit 60% beim Silvaner wesentlich höher als beim Grauburgunder (33% - 48%, je nach Behandlung). Insgesamt waren histologisch die sortenspezifischen Unterschiede wesentlich deutlicher als Behandlungseffekte (Böll et al. 2009d).



## 5. Zusammenfassung

In dem vorliegenden Forschungsprojekt wurde die präventive Wirkung der beiden Wachstumsregulatoren Gibberellin GA<sub>3</sub> (Gibb3<sup>®</sup>) und Prohexadione-Calcium (Regalis<sup>®</sup>) auf Botrytis und andere Fäulniserreger untersucht. Neben Untersuchungen zur Traubenstruktur, Botrytisbefall und Ertragsparametern sowie Reifeverlauf und Sensorik, die im Wesentlichen die bekannten Sortenunterschiede bestätigten, standen insbesondere die Ursachen für die starken sortenspezifischen Reaktionsunterschiede auf die beiden Wachstumsregulatoren im Mittelpunkt dieser Untersuchungen. Als Modell-Rebsorten dienten der auf GA<sub>3</sub> sehr sensibel reagierende Silvaner im Vergleich zum wesentlich robusteren Grauburgunder. In dem 3-jährigen Projekt wurden bei den verschiedenen Varianten mikroskopisch-anatomische Untersuchungen zur Pollenschlauch- und Samenentwicklung an verrieselten und nicht-verrieselten Fruchtknoten durchgeführt. Begleitend wurde der hormon-physiologische Gibberellin-Status der Kontrolle und Regalis<sup>®</sup>-Variante bis zum Beginn des Traubenschlusses (BBCH 77) bestimmt. Darüber hinaus wurden die einzelnen Varianten auf Nebenwirkungen der einzelnen Wachstumsregulatoren, insbesondere auf den Austrieb und den Gescheinsansatz untersucht.

Die sortenspezifischen Reaktionen auf die Wachstumsregulatoren gehen mit unterschiedlichen endogenen GA-Konzentrationen und -Umsätzen einher. Sie lagen beim Grauburgunder um ein Vielfaches höher als beim Silvaner, so dass exogene GA<sub>3</sub>-Applikationen hier wesentlich geringfügiger in den Hormonhaushalt eingreifen dürften. Die unterschiedlichen pflanzeigenen GA-Konzentrationen der beiden Rebsorten korrespondierten mit den sortenspezifischen Unterschieden in der Anzahl einwachsender Pollenschläuche, die beim Grauburgunder wiederum wesentlich höher ist. Die Ergebnisse vergleichender Pollenschlauchuntersuchungen eines breiten Spektrums weiterer Rebsorten belegen, dass GA<sub>3</sub>-sensible Sorten insgesamt eine deutlich geringere Anzahl einwachsender Pollenschläuche zeigen als robustere Sorten, so dass möglicherweise einfache mikroskopische Pollenschlauchanalysen Hinweise auf die GA-Sensitivität einer bisher nicht getesteten Rebsorte geben können.

Die genannten Ergebnisse stehen im Einklang mit den histologischen Untersuchungen, die bei der Entwicklung der Samenanlagen ebenfalls starke sortenspezifische Unterschiede ergaben. Der Silvaner hatte mit im Schnitt knapp 2 befruchteten Samenanlagen pro Fruchtknoten bei den am Rappen wachsenden Beerchen bei allen Varianten eine deutlich geringere Befruchtungsrate als der Grauburgunder mit 3-4 befruchtete Samenanlagen/ Fruchtknoten, die im Zusammenhang mit der Anzahl einwachsender Pollenschläuche stehen könnte; ein Teil der am Rappen befindlichen Fruchtknoten wies beim Silvaner sogar völlig unbefruchtete Samenanlagen auf, während beim Grauburgunder kein einziger derartiger Fall beobachtet wurde. Auffallend war, dass sich beim Silvaner alle befruchteten Samenanlagen zu Kernen weiterentwickelten, während beim Grauburgunder bei fast der Hälfte der Samenanlagen ein Abbruch der Entwicklung befruchteter Samenanlagen stattfand, so dass zur Reife im Schnitt nicht mehr

Kerne/ Beere gebildet wurden als beim Silvaner. Auch bei den verrieselten Fruchtknoten waren ähnlich sortentypische Unterschiede wie bei den untersuchten Fruchtknoten am Rappen zu beobachten: der Prozentsatz unbefruchteter Samenanlagen pro verrieselten Fruchtknoten war beim Silvaner deutlich höher als beim Grauburgunder. Der Anteil gänzlich unbefruchteter Fruchtknoten dominierte beim Silvaner und lag mit 60% wesentlich höher als beim Grauburgunder.

## 6. Literaturverzeichnis

- BANGERTH, F., GÖTZ, G. 1975. Zur Wirkung von Gibberellinsäure- und Kinetin-applikationen auf Qualität und Ertrag verschiedener Sorten von *Vitis vinifera* L. Die Weinwissenschaft 3: 121-128.
- BÖLL, S., HOFMANN, H., SCHWAPPACH, P. 2009a. Einsatz der Wachstumsregulatoren Gibb3 und Regalis – warum Sorten unterschiedlich reagieren. Rebe & Wein 5/2009: 24-27.
- BÖLL, S., HOFMANN, H., SCHWAPPACH, P. 2009b. Wirkung von Gibb3 und Regalis auf verschiedene Rebsorten. Obstbau & Weinbau 2/2009: 82-84.
- BÖLL, S., HOFMANN, H., SCHWAPPACH, P. 2009c. Varying gibberellin-sensitivity of different seeded grapevine cultivars corresponds to a variety-dependent abundance of pollen tubes. Mittlg. Klosterneuburg (eingereicht).
- BÖLL, S., HOFMANN, H., SCHWAPPACH, P. 2009d. Histologische Untersuchungen zu rebsortenspezifischen Reaktionen auf die Anwendung von Wachstumsregulatoren. Mittlg. Klosterneuburg 3/2009:129-133.
- CONSIDINE, J. A.; 1983. Concepts and practice of use of plant growth regulating chemicals in viticulture. In: L.G. NICKELL (Ed.): Plant growth regulating chemicals. Vol.I. CRC Press, Florida. Pages 89-193.
- EBERELE, M. 2006. Qualitätsverbesserung durch Applikation von Regalis® bei verschiedenen Rebsorten. Technikerarbeit, Staatl. Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, Weinsberg. 90 S.
- HILL, M. B. 2003. Chemische Ausdünnung und deren Auswirkung auf die Rebe. Diplomarbeit, Fachhochschule Wiesbaden, Standort Geisenheim, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie.
- HILL, G., HILL, M., BUTTERFASS, J. 2003. Gibberelline – kleiner, weniger, besser? Das Deutsche Weinmagazin 19/2003: 32-35.
- HOFMANN, H. 2004. Traubendesign zur Fäulnisprävention. Rebe & Wein 5/2004: 14-17.
- HUBER, B. 2005. Einsatz verschiedener Behandlungsstrategien zur Prävention von Traubenfäulnis bei der Sorte Grauer Burgunder in Freiburg. Diplomarbeit, Fachhochschule Wiesbaden, Standort Geisenheim, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie. 117S.

- IZHAKI, A., BOROCHOV, A., ZAMSKI, E., WEISS D. 2002. Gibberellin regulates post-microsporogenesis processes in petunia anthers. *Physiologia plantarum* 115: 442-447.
- JULLIARD, B., BALTHAZARD, J. 1965. Effets physiologiques de l'acide gibbérellique sur quelques variétés de vigne (*Vitis vinifera* L.). *Ann. Amélior. Plantes* 15: 61-78.
- KAST, W., FOX, R., SCHIEFER, H.-C. 2005. Chancen und Risiken des Einsatzes von Gibb3. *Rebe & Wein* 5/2005: 16-19.
- KLEIN, T. 2005. Vergleich der Effekte von Gibberellinsäure und Traubenteilen auf Quaöitätsmerkmale bei Burgundersorten und Chardonnay in den Anbaugebieten Rheingau und Ahr. Diplomarbeit, Fachhochschule Wiesbaden, Standort Geisenheim, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie. 147 S.
- PHARIS, R. P., KING, R. W., 1985. Gibberellins and reproductive development in seed plants. *Ann. Rev. Physiol.* 36: 517-568.
- PETGEN, M. 2004. Was bringen Gibberelline? *Das Deutsche Weinmagazin* 3/2004: 28-32.
- PETGEN, M. 2006. Empfehlungen zum richtigen Ausdünnen. *Der Deutsche Weinbau* 5/2006:14-17.
- PREIL, W. 1970. Fluoreszenzmikroskopische Beobachtung des Wachstums von Pollenschläuchen im Griffel- und Fruchtknotengewebe. *Zeiss Inf.* 18: 24-25.
- Rademacher, W., Kober, R. 2003. Efficient use of prohexadione-ca in pome fruit. *Europ. J. Hort.. Sci.* 68:101-107.
- Puhl, I., Stadler , F., Treutter, D. 2008. Alterations of flavonoid biosynthesis in young grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves, flowers, and berries induced by the dioxygenase inhibitor prohexadione-Ca. *J. Agric. Food Chem.* 56: 2498-2504.
- REGNER, F., EISENHELD, C., STADLBAUER, A. 2002. Versuche zur chemischen Beerenausdünnung bei Rebe. *Mitt. Klosterneuburg* 52: 3-9.
- ROSCHATT, C., HAAS, E., PEDRI, U. 2003. Der Einsatz von Gibberellinen im Weinbau gegen Essigfäule. *Obstbau Weinbau* 4: 114-117.
- SEYSTAHL, N. 2005. Einfluss verschiedener Ausdünnungsverfahren auf Trauben- und Beerenparameter sowie sensorische Attribute bei verschiedenen Rebsorten in Franken. Diplomarbeit, Fachhochschule Wiesbaden, Standort Geisenheim, Fachbereich Weinbau und Getränketechnologie. 145 S.
- SIEGFRIED, W. ,JÜSTRICH, H. 2008: Gibberellin-Versuche 2007 im Rebbau. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 10/2008: 4-7
- SINGH, D. P., JERMAKOV, A. M., SWAIN, S. M.; 2002. Gibberellins are required for seed development and pollen tube growth in Arabidosis. *The Plant Cell* 14: 1-15.
- THEILER, R. 1977. Einsatz von Wachstumsregulatoren zur Bekämpfung der Stiellähme. *Mitt. Klosterneuburg* 27: 197-204.
- WALG, O. 2005. Ertrag regulieren und Trauben gesund erhalten mit neuen Verfahren – Chance oder Risiko –. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch* 2005: 39-48.