

Endbericht des  
Forschungsprojekts

**„ Lösungsansätze für  
Nachbauprobleme im  
Erdbeeranbau durch bodenbürtige  
Pathogene“**

Forschungsprojekt Nr. 1416

GZ LE.1.3.2/0127-II/1/2004

**Wissenschaftlicher Projektleiter:**

**Ao. Univ.-Prof. Dr. Karl Stich**

**Projektpartner TU-Wien**

**Ao. Univ.-Prof. Dr. Karl Stich**

**DI Dr. Heidrun Halbwirth**

**DI Christian Gosch**

Technische Universität Wien; Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

**Projektpartner BOKU**

**O. Univ.-Prof. Mag. Dr. Karoline Jezik**

**Univ.-Ass. Dr. Andreas Spornberger**

**Mag. Judith Scheiblauer**

**DI Christian Kummer**

**Mag. Gerald Martin**

Univ. für Bodenkultur, Dep. für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Garten-, Obst und Weinbau

**Projektpartner AGES**

**DI Robert Steffek**

**DI Lydia Seelmann**

**Josef Altenburger**

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Institut für Pflanzengesundheit, Abt. Phytopathologie Obst- und Weinbau

**Projektdauer:** 1. 1. 2005 - 15. 12. 2005

# Zusammenfassung

2005 wurde ein Forschungsprojekt über Lösungsansätze für Nachbauprobleme im Erdbeeranbau durch bodenbürtige Pathogene mit den Schwerpunkten Prüfung von Alternativen zur hochanfälligen Sorte Elsanta, der Wirksamkeit pflanzenbaulicher Maßnahmen zur Reduktion des Pilzinokulums im Boden und des Einflusses des Produktionssystems auf die Erdbeere durchgeführt.

12 Erdbeersorten und die Vergleichssorte Elsanta wurden auf insgesamt 11 Standorten in Praxisbetrieben, verteilt auf die wichtigsten Produktionsgebiete Österreichs, ausgepflanzt und auf ihre Anfälligkeit gegenüber *Verticillium* und andere bodenbürtige Krankheiten sowie auf Wuchs-, Ertrags- und Qualitätsparameter untersucht. Nach den im Pflanzjahr gewonnenen Erfahrungen zeigten sich einige der geprüften Sorten als wesentlich robuster gegenüber bodenbürtigen Krankheiten als Elsanta. Die in diesem Jahr erhaltenen Ergebnisse müssen in weiteren Beobachtungsjahren bestätigt und mit weiteren Daten vor allem zu den Ertrags- und Qualitätsparametern der Sorten ergänzt werden.

Auf 3 verticilliumbelasteten Böden auf landwirtschaftlichen Betrieben wurden Tastversuche zur Prüfung der Wirkung verschiedener als Zwischenfrucht angebaute glucosinulathaltiger Brassica-Arten zur Bekämpfung von *Verticillium dahliae* im Boden angelegt. Je nach Standort und Brassica-Art belief sich die Reduktion des Inokulums auf bis zu 30%. Die Maßnahme hatte eine stark unkrautunterdrückende Wirkung. Das Keimen von Vogelmiere (*Stellaria medea*), Hirtentäschel (*Capsella bursa*) und Taubnessel (*Lamium amplexicante*) wurde in den Parzellen, in denen die Zwischenfrucht eingearbeitet wurde, völlig unterdrückt. Wenngleich die Methode von den durchführenden landwirtschaftlichen Betrieben als einfach und praktikabel beschrieben wurde, so ist die erzielte Reduktion an Pilzinokulum im Boden zu gering, um einen sicheren Erdbeeranbau auf belasteten Böden zu ermöglichen. Anstrengungen zur Optimierung der Methode sind notwendig.

Der Einfluss unterschiedlicher Düngungs- und Pflegemaßnahmen (mehrjährige Anwendung von Grünschnittkompost, verrottetem Pferdemit, organischem Stickstoffdünger, Mineraldünger mit und ohne Herbizidanwendung im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle) auf die Erdbeerkultur (Sorte Elsanta) wurde auf einer Versuchsfläche des Instituts für Garten-, Obst- und Weinbau untersucht. Die

Bodenuntersuchungen auf den Gehalt an Mikrosklerotien pro Gramm Boden zeigten eine hohe Belastung der davor gemüsebaulich genutzten Flächen. Nach der 2. Ernte wiesen die mit Fungiziden behandelten Mineraldüngervarianten einen geringeren *Verticillium*-Befall auf, die Pflanzen in den organisch bzw. mit Kompost gedüngten Flächen waren von der ungedüngten Kontrolle nicht zu unterscheiden. In allen Versuchsvarianten ohne direkte Pflanzenschutzmaßnahmen konnten vergleichbare Erträge wie in den mit Fungiziden behandelten konventionellen Varianten erzielt werden, wenngleich der Botrytis-Befall im Jahr 2005 in den unbehandelten signifikant höher war. Die ungedüngte Kontrolle wies von allen Varianten die höchsten Vitamin C - Gehalte zur Ernte, sowie die niedrigsten Gewichtverluste, die höchste Fruchtfestigkeit und die höchsten Vitamin C - Werte nach 12-tägiger Lagerung auf. Die erwartete Reduktion von *Verticillium* durch eine Verbesserung der biologischen Aktivität der Böden und damit eine Sanierung *Verticillium*-belasteter Flächen konnte mit den verwendeten Komposten, wie auch mit dem organischen Handelsdünger, in diesem Versuch nicht ausreichend erfolgen.

## Summary:

### **Possible solutions for replant problems caused by soil-borne pathogens in strawberry production**

Soil-borne pathogens, above all *Verticillium* sp. cause plant losses and yield decreases in many Austrian strawberry fields; in research project possibilities to resolve this problem were examined. In a field trial, which was started 1998, organically managed and differently fertilized plots (green compost, manure, horn chips) were compared to an unfertilised control plot and to two mineral fertilized and conventionally treated plots; the differences in field characteristics of strawberries in 2004 and 2005 were low, but differences in storage and biochemical characteristics could be seen in 2005. Some new cultivars tested as alternative to the very sensitive 'Elsanta' planted in 2005 on several farms showed a higher tolerance to diseases and good yield and fruit quality characteristics. *Brassica* sp. planted as an intercrop before strawberries reduced the amount of microsclerotia of *Verticillium dahliae* in highly infested soils, nevertheless the system has to be optimised and adapted to our climatic and husbandry conditions in further trials.

<b>ZIELE DES PROJEKTES .....</b>	<b>1</b>
<b>PRÜFUNG VON ALTERNATIVEN ZUM ANBAU DER HOCHANFÄLLIGEN HAUPTSORTE ELSANTA.....</b>	<b>2</b>
FRAGESTELLUNG .....	2
METHODE .....	2
ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	4
<b>WIRKSAMKEIT PFLANZENBAULICHER MAßNAHMEN ZUR REDUKTION DES PILZINOKULUMS IM BODEN.....</b>	<b>12</b>
FRAGESTELLUNG.....	12
METHODE .....	12
ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	14
<b>EINFLUSS DES PRODUKTIONSSYSTEMS .....</b>	<b>17</b>
FRAGESTELLUNG .....	17
MATERIAL UND METHODE .....	17
ERGEBNISSE .....	20
<b>EINFLUSS DER VERSCHIEDENEN PRODUKTIONSSYSTEME AUF DIE BILDUNG SEKUNDÄRER INHALTSSTOFFE (FLAVONOIDE).....</b>	<b>29</b>
EINLEITUNG.....	29
FRAGESTELLUNG .....	31
ERGEBNISSE.....	32
SCHLUSSFOLGERUNGEN ZU DEN FRAGESTELLUNGEN ZU PROJEKTTEIL 3 .....	46
<b>LITERATUR .....</b>	<b>48</b>
<b>VERÖFFENTLICHUNGEN DER PROJEKTERGEBNISSE (PUBLIKATIONEN UND TAGUNGSBEITRÄGE).....</b>	<b>49</b>
VERÖFFENTLICHUNGEN.....	49

TAGUNGSBEITRÄGE ..... 49

**VERANSTALTUNGEN IN DENEN DIE PROJEKTERGEBNISSE BERATERN UND  
PRAKTIKERN VORGESTELLT WURDEN..... 50**

## **Einleitung**

In Österreich werden Erdbeeren auf einer Fläche von 1.370 ha angebaut. Über 300 für den Menschen gesundheitsfördernde Substanzen enthält die Frucht der Erdbeere. Vor allem enthält sie mehr Vitamin C als die Zitrone und deutliche Mengen an Vitamin B1 und B2 (was für Gemüse und Obst eher selten ist), sowie  $\beta$ -Carotin (Auge, Haare, Haut). Weitere wichtige Inhaltsstoffe sind Kalium, Calcium, Phosphor, Eisen und Natrium, sowie Schleimstoffe und ätherische Öle. Darüber hinaus haben Erdbeeren einen hohen Flavonoid-Gehalt. Neuere Forschungsergebnisse belegen, dass die Flavonoide antioxidative, antikarzinogene sowie immunstimulierende Eigenschaften besitzen und in der Lage sind, Herz-Kreislauf-Erkrankungen hintanzuhalten. Sie tragen daher maßgebend zur Gesundheitsförderung bei. Darüber hinaus enthält die Erdbeere größere Mengen an Rohfaserstoffen, die in der Ernährung eine wichtige Rolle spielen.

Aus den genannten Gründen ist die Produktion von Erdbeeren in Österreich von großer Bedeutung. Aufgrund der Selbstunverträglichkeit der Erdbeere sind in vielen traditionellen Erdbeeranbaugebieten Österreichs Bodenmüdigkeit und Nachbauprobleme zu beobachten, u. a. verursacht durch eine Akkumulation bodenbürtiger Schaderreger (*Verticillium* sp., *Phytophthora* sp., etc.). Darüber hinaus ist im Biolandbau die Graufäule aufgrund fehlender Bekämpfungsmöglichkeiten ein großes Problem.

## **Ziele des Projektes**

Im Rahmen des Projekts sollen Lösungsansätze für Nachbauprobleme im Erdbeeranbau, die durch bodenbürtige Pathogene hervorgerufen werden, erarbeitet werden. Folgende Problemstellungen sollen im Rahmen des Projekts bearbeitet werden:

1. Prüfung von Alternativen zum Anbau der hochanfälligen Hauptsorte Elsanta
2. Wirksamkeit pflanzenbaulicher Maßnahmen zur Reduktion des Pilzinokulums im Boden
3. Untersuchungen zum Einfluss des Produktionssystems auf die Erdbeere



# Prüfung von Alternativen zum Anbau der hochanfälligen Hauptsorte Elsanta

## Fragestellung

Die Hauptsorte im österreichischen Erdbeeranbau ‚Elsanta‘ reagiert aufgrund ihres anfälligen Wurzelsystems sehr sensibel auf ungünstige Bodeneigenschaften (Bodenmüdigkeit, schlechte Bodenstruktur, Verseuchung des Bodens mit phytopathogenen Schaderregern, etc.). Während es beim Spätsortiment sehr gute robuste Sorten gibt, die bereits am Markt eingeführt sind (Pegasus, Florence, Pandora, etc.) stehen dem Landwirt im Frühsortiment keine Alternativen zu der zurzeit verwendeten anfälligen Hauptsorte Elsanta zur Verfügung.

Für die Vermarktung ist aber gerade der frühe Reifezeitpunkt ein wichtiges Kriterium. Ziel des Projektteils 1 ist es daher, für Flächen mit Nachbauproblemen geeignete Erdbeersorten mit frühem Reifezeitpunkt als Alternative zur Sorte Elsanta zu finden. Um am Markt bestehen zu können, ist für die Auswahl der Sorten entscheidend, dass sie die vom Handel geforderten sehr guten qualitativen Eigenschaften von Elsanta erreichen. Folgende Kriterien sind zu erfüllen:

- Helle Fruchtfarbe, die im Verkauf nicht nachdunkelt
- Gute Fruchtqualität, v. a. hinsichtlich Lagereigenschaften und Manipulierbarkeit

Für den Landwirt sind neben der Robustheit gegen bodenbürtige Krankheitserreger und der frühen Reife weiters folgende Eigenschaften von Bedeutung:

- Entsprechender Ertrag und Fruchtgröße
- Winterhart, v. a. gegenüber Kahlfrösten

## Methode

Basierend auf diesen Kriterien wurden 12 neue, viel versprechende Sorten ausgewählt (Tabelle 1). Sie stammen aus verschiedenen Züchtungsprogrammen in Frankreich, Italien, Großbritannien, den Niederlanden und der Schweiz und sind seit kurzem am Markt verfügbar. Die angeführte Nummernsorte steht knapp vor der Markteinführung.

**Tabelle 1:** Für die Sortenversuche verwendete Test- und Vergleichssorten

<b>Testsorten</b>	<b>Herkunft bzw. Lieferant</b>
Clery	CIV-Italien/Hoffelner
Daroyal	Darbonne-Frankreich/Bayer
Darselect	Darbonne-Frankreich/Bayer
Divine	Darbonne-Frankreich/Bayer
Alice	Dr. Simpson, Meiosis/England
Salsa	Schweiz / Häberli
Sonata	PRI-Holland / Häberli
Alba	Italien / Häberli
Queen Elisa	Forli-Italien / Prof. Faedi
Eva	Forli-Italien / Prof. Faedi
Dora	Forli-Italien / Prof. Faedi
Nr. 92.340.3	Forli-Italien / Prof. Faedi
<b>Vergleichssorte</b>	
Elsanta	Wageningen/Bayer

Die Versuchs- und Vergleichssorten wurden zwischen 25. 4. und 21. 6. 2005 auf 11 Feldern von 9 Erdbeerbetrieben gepflanzt (Tabelle 2). Die Auswahl der Betriebe erfolgte so, dass in jedem Bundesland, in dem nennenswerter Erdbeeranbau erfolgt (NÖ, Bgld, OÖ, Stmk., W<sup>1</sup>), zumindest eine Versuchsfläche liegt. Die Flächen wurden in der Vergangenheit für den Erdbeeranbau (zum Teil intensiv) genützt. Vor der Pflanzung wurden die Böden der verwendeten Felder auf einen Befall durch *Verticillium dahliae* untersucht, weiters wurde das Pflanzmaterial vor der Pflanzung auf einen etwaigen Schaderregerbefall untersucht. Die Versuchsanlage erfolgte auf 3 Betrieben als Exaktversuch mit 3 bzw. 4 Wiederholungen und an den restlichen Betrieben als Tastversuch mit 1 Wiederholung.

Bei jedem der 11 Standorte erfolgte zu mindestens zwei Terminen Bonituren zur vegetativen Pflanzenentwicklung und zum Auftreten von Schaderregern (Symptome von bodenbürtigen Krankheiten und Blattkrankheiten).

---

<sup>1</sup> Aufgrund der räumlichen Entfernung konnten Erdbeerbetriebe in Tirol, Kärnten, Salzburg und Vorarlberg nicht in die Versuche mitaufgenommen werden. Verglichen mit den anderen Bundesländern sind die Erdbeeranbauflächen in diesen Bundesländern aber sehr gering.

Auf dem Versuchsstandort in der Versuchsanlage der BOKU in Jedlersdorf-Wien (Pflanzung am 26. 4. 2005 mit 2 Wiederholungen zu je 10 Pflanzen, 90 x 30 cm in Einzelreihe, biologischer Anbau ohne Spritzbehandlungen) wurden alle vorhandenen Früchte 3 x pro Woche geerntet, Ertrag und Stückzahl festgestellt, sowie die Prozent nicht vermarktbarer Früchte ermittelt. Weiters wurden zu Beginn der Haupternte von jeder Sorte jeweils 12 Früchte im Labor auf folgende Parameter untersucht: Fruchtfarbe (mittels Tristimulus-Farbmessgerät) und Fruchtformindex (mittels Schublehre ermittelte Fruchthöhe dividiert durch Mittel aus Breite und Dicke der Frucht), Fruchtfestigkeit (mittels elektrischem Penetrometer), pH-Wert (mittels Elektrode) und lösliche Trockensubstanz (mittels elektrischem Refraktometer); soweit genügend Früchte vorhanden waren, wurden auch erste Informationen über die Haltbarkeit (optische Bewertung nach Punktesystem, ev. Fruchtausfälle) nach Lagerung im Kühlraum bei 2 °C gewonnen.

Nach Möglichkeit erfolgte eine Verrechnung der erhaltenen Werte mit dem Statistikprogramm SPSS 11.0 für Windows in Form einer Varianzanalyse mit nachfolgendem Mittelwertvergleich auf statistisch signifikante Unterschiede (S-N-K-Test,  $\alpha = 5\%$ ).

## Ergebnisse und Diskussion

### Bodenuntersuchungen, Untersuchungen am Pflanzgut

Die verwendeten Böden sind unterschiedlich stark mit Mikrosklerotien von *Verticillium dahliae* verseucht (Tabelle 2). Die Inokolumdichte der Böden liegt zwischen <0,2 und 10,4 Mikrosklerotien pro Gramm Boden. Das erwartete Befallsrisiko für die anfällige Vergleichssorte variiert dementsprechend zwischen gering und sehr hoch.

**Tabelle 2:** An den Sortenversuchen teilnehmende Versuchsbetriebe, Gehalt an Mikrosklerotien im Boden und Abschätzung des Befallsrisikos

Betrieb / Feld	Anzahl Pflanzen Wiederholungen	Vorfrucht Erdbeeren (E)	Mikrosklerotien <i>V. dahliae</i>	Befallsrisiko Elsanta
OÖ 1	10 Pflanzen, 3 WH	Gerste, Senf; E. v. 5 Jahren	7,8 MS/g Boden	Sehr hoch
Bgld 1	10 Pflanzen, 2 WH	Erdbeeren	<0,2 MS/g Boden	Gering

Bgld 2/1	10 Pflanzen, 2 WH	Erdbeeren	10,4 MS/g Boden	Sehr hoch
Bgld 2/2	20 Pflanzen, 1 WH	Brache; E. v. 3 Jahren	6,6 MS/g Boden	Sehr hoch
W 1	10 Pflanzen, 2 WH	Dahlien; noch nie Erdbeeren	6,6 MS/g Boden	Sehr hoch
NÖ 1/1	20 Pflanzen, 1 WH	Erdbeeren	1,4 MS/g Boden	Hoch
NÖ 1/2	16 Pflanzen, 3 WH	Getreide; noch nie Erdbeeren	<0,2 MS/g Boden	Gering
NÖ 2	5 Pflanzen, 4 WH	Erdbeeren	3,4 MS/g Boden	Sehr hoch
NÖ 3	20 Pflanzen, 1 WH	Kartoffel, E. v. 5 Jahren	1,7 MS/g Boden	Hoch
NÖ 4	40 Pflanzen, 1 WH	Zwiebel; E. v. 3 Jahren	1,5 MS/g Boden	Hoch
Stmk. 1	20 Pflanzen, 1 WH	Weizen; E. v. 4 Jahren	4,6 MS/g Boden	Sehr hoch

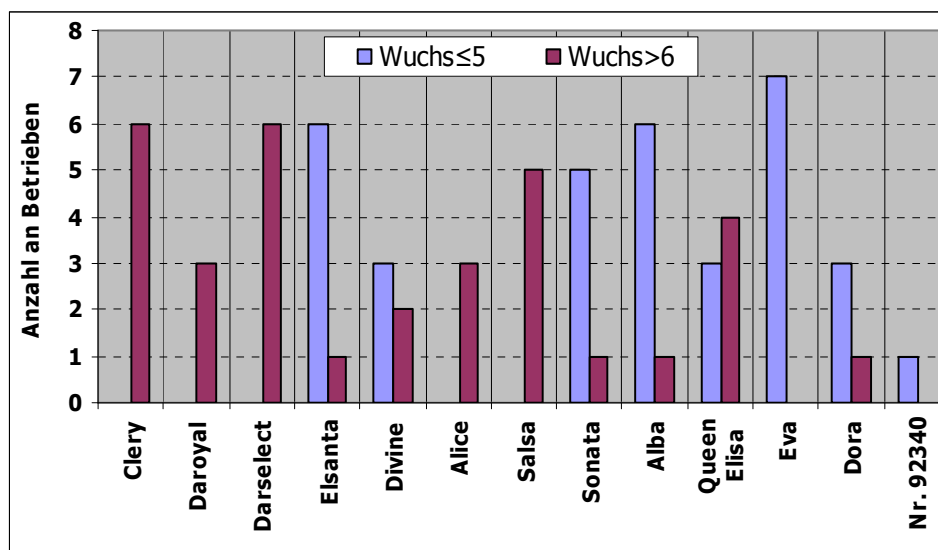
Das starke Auftreten von *Verticillium dahliae* in den untersuchten Böden ist bedingt durch die enge Erdbeerfruchtfolge. Auf 9 der 11 Böden wurden in den letzten 5 Jahren Erdbeeren kultiviert, bei 4 Standorten erfolgte die Pflanzung unmittelbar nach der Erdbeerkultur. Der hohe Befall am Standort W1 erklärt sich aufgrund der intensiven gemüsebaulichen Nutzung, mit potentiellen *Verticillium*-Wirtspflanzen.

Das von den Vermehrungsbetrieben zur Verfügung gestellte Pflanzgut war von hoher Qualität. Die Untersuchung auf verschiedene Qualitätsschaderreger und Quarantäneschaderreger im Pflanzgut (*Verticillium dahliae*, *Colletotrichum* sp., *Phytophthora* sp.) sowie Erreger des Schwarzen Wurzelfäulekomplexes verliefen durchwegs negativ.

### Vegetative Entwicklung der Sorten im Feld

Die Entwicklung der Pflanzen auf den einzelnen Standorten erfolgte sehr unterschiedlich. Abb. 1 zeigt die vegetative Entwicklung beim letzten Boniturtermin Ende August/Anfang September. Die Wuchsstärke einer Sorte wird anhand einer Skala von 1 bis 9 bewertet und gibt Aufschluss über die Konkurrenzkraft einer Sorte und gibt auch einen Hinweis auf das Vorhandensein pflanzenschädigender Stoffe im Boden. Den kräftigsten Wuchs wiesen die Sorten 'Clery' und 'Darselect', gefolgt von 'Salsa' auf; eine generell schwache Entwicklung dagegen 'Eva', 'Alba', 'Elsanta' und 'Sonata'.

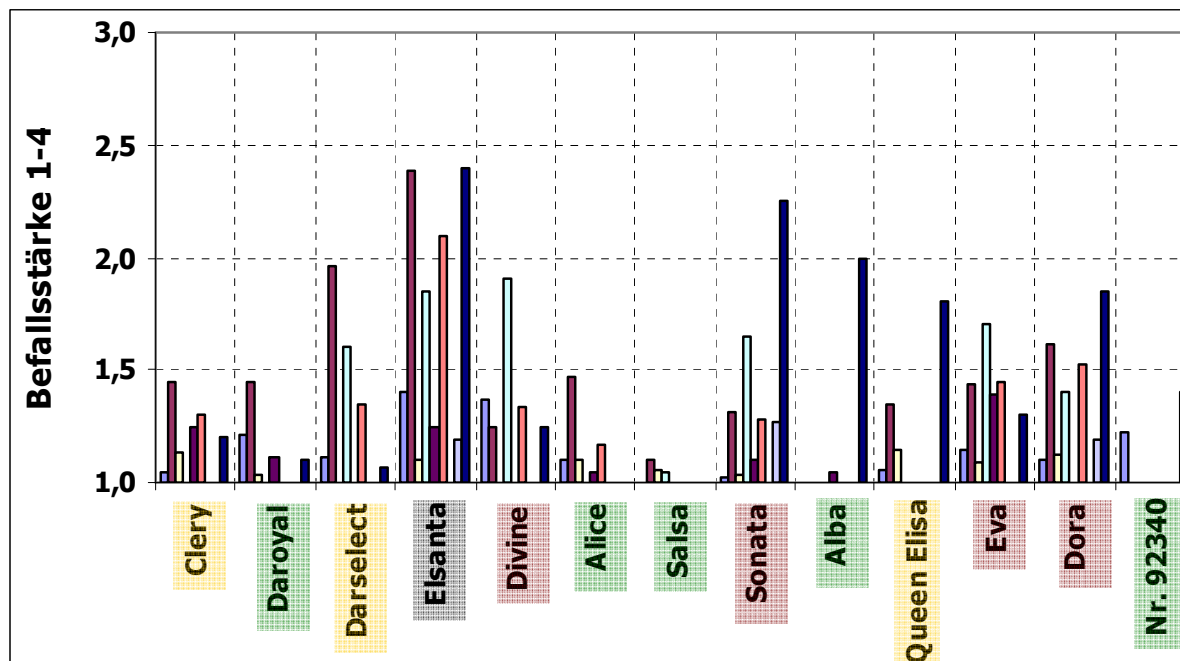
**Abbildung 1:** Vegetative Entwicklung der Sorten: Anzahl der Standorten an denen die Wuchsstärke 6 überschritten bzw. die Wuchsstärke 5 unterschritten wurde



#### Auftreten von *Verticillium* und anderen bodenbürtigen Krankheiten

Mit Ausnahme des Betriebes Bgld 1 (rote Balken) wurden Schadsymptome ausschließlich durch *Verticillium dahliae* hervorgerufen. Am Betriebe Bgld 1 wiesen die Pflanzen starke Wurzelfäulesymptome auf (*Fusarium* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Pythium* sp.). In Abbildung 2 ist die Befallsstärke durch bodenbürtige Krankheiten anhand einer Skala von 1-4 dargestellt.

Deutlich zu erkennen ist, dass Elsanta trotz der günstigen regenreichen Perioden im Sommer Welkesymptome an den meisten Standorten aufwies. Einige der als robust gepriesenen Sorten waren an mehreren Standorten befallen, die Sorten 'Divine', 'Sonata', 'Eva' und 'Dora' müssen als nicht robust eingestuft werden. Deutlich besser als 'Elsanta' schnitten 'Clery', 'Darselect' und 'Queen Elisa' ab, obgleich auch diese Sorten in Extremstandorten bzw. trockenen Jahren nicht verticilliumrobust sind. Bislang weitgehend ohne Symptome blieben 'Daroyal', 'Alice', 'Salsa', 'Nr.92340' und mit einer Ausnahme auch 'Alba'.

**Abbildung 2:** Befallsstärke (*Verticillium dahliae*) der verschiedenen Prüfsorten

## Ernte

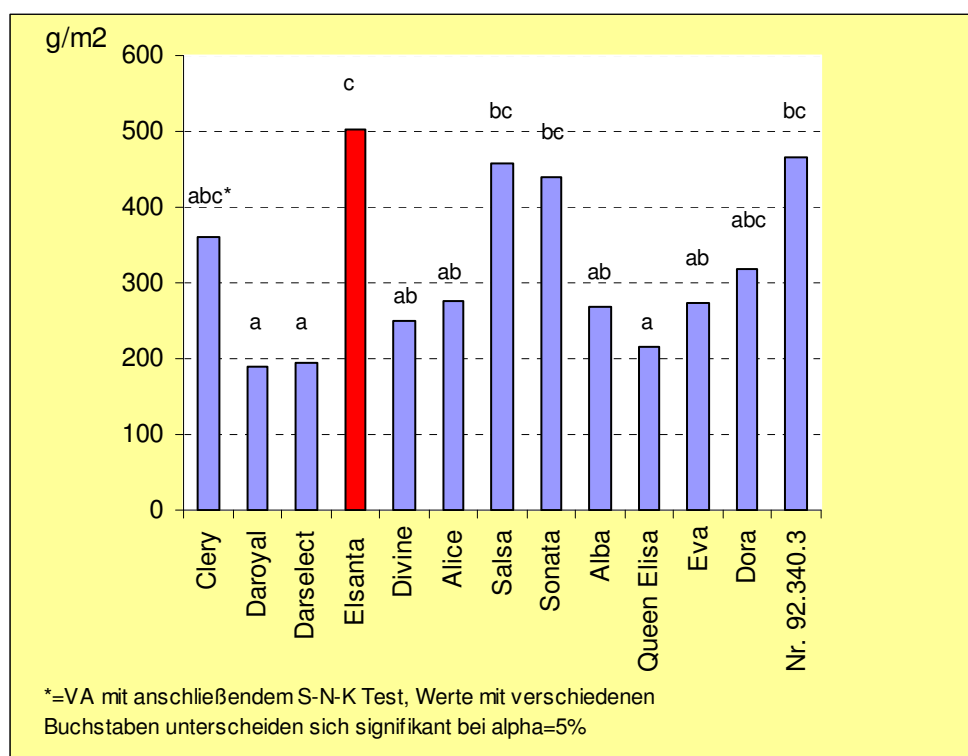
Da es sich in dem Versuch um Frigopflanzen handelt, die bereits im ersten Jahr beerntet wurden, sind die erhaltenen Ergebnisse als erste Hinweise zu betrachten, vor allem was die Ertragskapazität der Sorten betrifft; weitere Erhebungen in den nächsten Jahren sind für eine umfassende Bewertung unbedingt notwendig.

Tabelle 3 stellt die bei den einzelnen Sorten geernteten Fruchtmengen gestaffelt nach Ernteterminen dar. Bei 'Alba', 'Clery' und 'Daroyal' setzte der Ertrag 2 Tage vor der Vergleichssorte 'Elsanta' ein, 'Queen Elisa' und 'Dora' begannen zugleich mit 'Elsanta', alle andere Sorten wurden etwas später, 'Alice', 'Nr. 92.340.3' und 'Salsa' sogar deutlich später reif. Abbildung 3 stellt den Gesamtertrag an gesunden Früchten dar. Hohe Erträge (400 bis über 500 g/m<sup>2</sup>) wurden bei 'Elsanta', 'Nr. 92.340.3', 'Salsa' und 'Sonata' geerntet, davon signifikant verschieden waren 'Daroyal', 'Darselect' und 'Queen Elisa' mit den niedrigsten Werten (im Bereich von 200 g/m<sup>2</sup>), die anderen Sorten lagen dazwischen.

**Tabelle 3:** Erntemengen (g/m<sup>2</sup>) bei den Sorten geordnet nach Ernteterminen 2005

Sorte	13.6. *	15.6. *	17.6. *	20.6. *	22.6. *	24.6. *	27.6. *	30.6. *	4.7. *	8.7. *	12.7. *	15.7. *	22.7. *
Alba	20 b	55 c	44 ab	69 bcd	21 a	15 a	20 abcd	15 ab	8 ab	0 a	0 a	0 a	0 a
Clery	38 c	36 b	70 ab	82 cd	36 a	27 a	43 bcde	20 ab	6 ab	2 a	1 a	0 a	0 a
Daroyal	16 b	32 b	52 ab	33 b	9 a	7 a	8 a	23 ab	8 ab	4 a	0 a	0 a	0 a
<b>Elsanta</b>	<b>0 a</b>	<b>19 ab</b>	<b>106 b</b>	<b>96 d</b>	<b>54 a</b>	<b>31 a</b>	<b>53 cde</b>	<b>65 cd</b>	<b>37 ab</b>	<b>23 ab</b>	<b>14 a</b>	<b>4 a</b>	<b>1 a</b>
Queen Elisa	0 a	20 ab	35 a	36 b	17 a	18 a	20 abcd	31 abc	29 ab	6 a	3 a	0 a	2 a
Dora	0 a	5 a	75 ab	85 cd	27 a	31 a	46 bcde	33 abc	15 ab	2 a	0 a	0 a	0 a
Darselect	0 a	0 a	57 ab	65 bcd	27 a	21 a	16 ab	8 a	2 a	1 a	0 a	0 a	0 a
Divine	0 a	0 a	47 ab	50 bc	22 a	29 a	18 abc	29 abc	27 ab	19 ab	7 a	0 a	1 a
Eva	0 a	0 a	30 a	46 bc	29 a	19 a	51 cde	38 abc	31 ab	21 ab	3 a	2 a	2 a
Sonata	0 a	0 a	36 a	65 bcd	46 a	37 a	73 e	71 d	50 b	30 ab	9 a	20 a	3 a
Alice	0 a	0 a	4 a	53 bc	12 a	29 a	54 de	53 bcd	39 ab	31 ab	1 a	0 a	0 a
Nr. 92.340.3	0 a	0 a	0 a	32 b	63 a	31 a	57 e	87 d	81 c	76 c	33 b	5 a	2 a
Salsa	0 a	0 a	0 a	0 a	47 a	52 a	121 f	84 d	86 c	51 bc	6 a	5 a	6 a

\*=Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls Test, Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei alpha=5%

**Abbildung 3:** Gesamtertrag an gesunden Früchten bei den einzelnen Sorten 2005

Den höchsten Anteil marktfähiger Früchte wiesen 'Darselect' (97,9 %) und 'Elsanta' (96,4 %) auf, signifikant davon verschieden war 'Dora' mit 80,7 %, alle anderen Sorten lagen dazwischen (Abbildung 4).

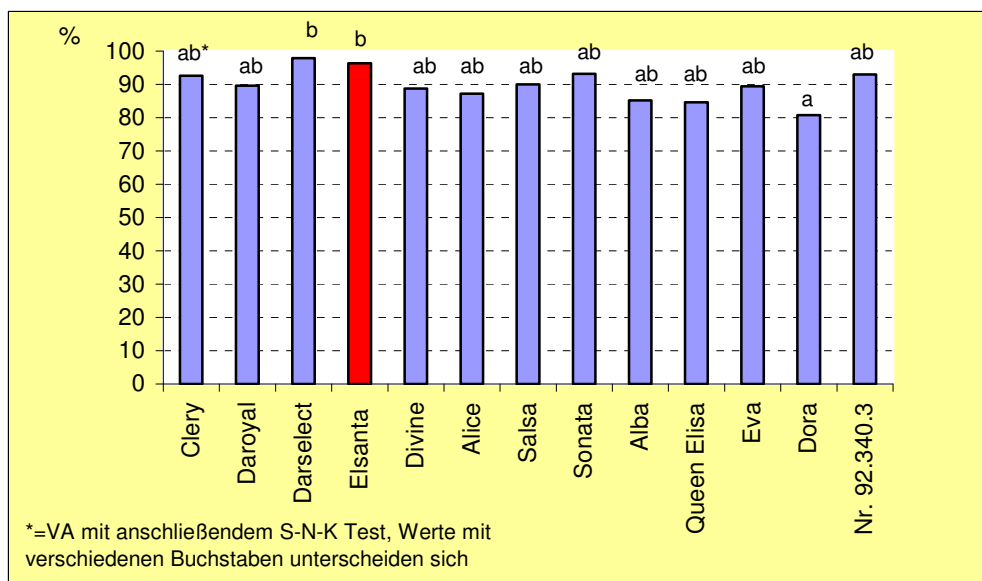


Abbildung 4: Anteil marktfähiger Ware an den geernteten Früchten 2005

Das mit Abstand höchste mittlere Stückgewicht wies 'Salsa' mit 15,1 g auf, hohe Werte hatten auch 'Nr. 92.340.3' (12,0 g) und 'Darselect' (11,9 g); verglichen mit diesen waren das durchschnittliche Fruchtgewicht bei 'Divine' (7,8 g), 'Clery' (8,0 g) und 'Queen Elisa' (8,1 g) signifikant niedriger. Die Vergleichssorte 'Elsanta' lag mit 10,8 g/Stück ebenfalls im oberen Bereich (Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Mittleres Stückgewicht der 2005 geernteten Früchte

Sorte	g/Stück	*
Alba	9,1	ab
Alice	10,5	ab
Clery	8,0	a
Daroyal	9,6	ab
Darselect	11,9	b
Divine	7,8	a
Dora	10,3	ab
<b>Elsanta</b>	<b>10,8</b>	<b>ab</b>
Eva	8,9	ab
Nr. 92.340.3	12,0	b
Queen Elisa	8,1	a
Salsa	15,1	c
Sonata	9,9	ab

\*=Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls Test,  
Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei alpha=5%



## Fruchtqualität und Lagerung

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Frucht- und Lageruntersuchungen dargestellt. Bei der löslichen Trockensubstanz (Tabelle 5) lagen die Werte zwischen 9,1 % Brix bei 'Nr. 92.340.3' und 11,1 % Brix bei 'Queen Elisa', zum Teil waren signifikante Unterschiede zwischen den Sorten festzustellen. Die pH-Werte der Sorten schwankten, mit zum Teil signifikanten Unterschieden, zwischen 3,5 bei 'Alba' und 'Alice' und 4,2 bei 'Divine'. Die niedrigsten Fruchtfleischfestigkeitswerte wies 'Elsanta' mit 3,8 kg/cm<sup>2</sup> auf, signifikant höhere Werte wurden bei 'Alice' und 'Clery' (jeweils 5,8 kg/cm<sup>2</sup>), 'Nr. 92.340.3' (6,2 kg/cm<sup>2</sup>), 'Alba' (6,3 kg/cm<sup>2</sup>), 'Queen Elisa' (7,3 kg/cm<sup>2</sup>) und 'Eva' (11,0 kg/cm<sup>2</sup>) gemessen. Sehr festfleischige Sorten wie 'Eva', 'Nr. 92.340.3' und 'Queen Elisa' wurden allerdings bei der Geschmacksbeurteilung weniger günstig bewertet (Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Ergebnisse der Laboruntersuchungen an den Früchten 2005

Sorte	lösl. Trockensubstanz		pH roh		Fruchtfestigkeit		Geschmack 1=sehr schwach, 9=sehr gut
	% Brix	*		*	kg/cm <sup>2</sup>	*	
Alba	9,5	ab	3,5	a	6,3	bc	3,9
Alice	10,8	bc	3,5	a	5,8	bc	4,8
Clery	10,6	bc	3,9	cd	5,8	bc	6,2
Daroyal	9,4	ab	3,9	cd	4,9	ab	7,0
Darselect	10,6	bc	3,9	cd	5,4	ab	7,0
Divine	10,1	abc	4,2	e	5,3	ab	5,5
Dora	9,9	abc	3,7	abc	5,3	ab	5,5
<b>Elsanta</b>	<b>10,5</b>	<b>bc</b>	<b>3,9</b>	<b>cd</b>	<b>3,8</b>	<b>a</b>	<b>6,4</b>
Eva	10,0	abc	3,8	bcd	11,0	d	2,3
Nr. 92.340.3	9,1	a	3,6	ab	6,2	bc	2,4
Queen Elisa	11,1	c	3,7	abcd	7,3	c	3,3
Salsa	9,7	abc	3,6	ab	4,8	ab	8,7
Sonata	10,2	abc	3,6	ab	5,6	abc	5,0

\*=Varianzanalyse mit anschließendem S-N-K Test, Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei alpha=5%

Der Fruchtformzahl zeigt das Verhältnis zwischen Fruchtlänge und Breite bzw. Dicke auf. 'Alba' (1,65), 'Eva' (1,36), 'Dora' (1,22), 'Clery' (1,14), 'Daroyal' (1,14) und 'Queen Elisa' (1,14) wiesen Werte über 1 und somit längliche Früchte auf. Alle anderen Sorten waren ziemlich gleichförmig (Fruchtformindex um 1) bzw. nur wenige wie 'Alice' mit 0,89 und 'Sonata' mit 0,91 lagen unter 1 und sind folglich etwas kurz bzw. breit gebaut (Tabelle 6). Die Farbmessungen ergaben zum Teil signifikante Unterschiede bei der Helligkeit, wobei bei 'Elsanta' (42,0) der höchste Wert gemessen wurde, signifikant niedrigere Werte waren bei 'Salsa' (33,4), 'Daroyal' (34,3), und 'Sonata' (36,2) festzustellen. Beim Rotanteil wies 'Clery' mit 36,9 den

höchsten Wert auf, auch hier lagen 'Salsa' (32,4), 'Daroyal' (31,3) deutlich darunter, während beim Gelbanteil 'Queen Elisa' (23,9) und 'Elsanta' (23,8) deutlich über 'Daroyal' (14,5), und 'Alba' (19,5) lagen (Tabelle 6).

**Tabelle 6:** Ergebnisse der Fruchtform- und Farbmessungen an den Früchten 2005

Sorte	Fruchtformzahl Höhe:(Mittel B+D) *	Helligkeit L *	Rotanteil a *	Gelbanteil b *
Alba	1,65 f	38,8 bcd	32,9 bc	19,5 b
Alice	0,89 a	39,3 bcd	34,5 cd	21,8 bcde
Clery	1,14 cd	38,5 abcd	36,9 e	22,0 cde
Daroyal	1,14 cd	34,3 ab	31,3 a	14,5 a
Darselect	1,10 c	36,7 abcd	34,5 cd	21,8 bcde
Divine	1,04 bc	37,0 abcd	34,1 bcd	21,5 bcd
Dora	1,22 d	39,1 bcd	33,3 bcd	21,0 bc
<b>Elsanta</b>	<b>0,97 ab</b>	<b>42,0 d</b>	<b>35,0 d</b>	<b>23,8 de</b>
Eva	1,36 e	40,6 cd	34,3 bcd	21,7 bcde
Nr. 92.340.3	1,04 bc	37,4 abcd	33,9 bcd	21,4 bc
Queen Elisa	1,14 cd	40,8 cd	35,0 d	23,9 e
Salsa	0,96 ab	33,4 a	32,4 ab	20,5 bc
Sonata	0,91 a	36,2 abc	34,3 bcd	21,7 bcde

\*=Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls Test,  
Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei alpha=5%

Nennenswerte Ausfälle nach der Lagerung waren bei fast keiner Sorte zu beobachten; 'Daroyal' und 'Dora' wurden bei der optischen Bewertung nach der Lagerung wegen ihres matten Glanzes ungünstig bewertet (Tabelle 7). Aufgrund der geringen Fruchtmengen sollte auch dieser Versuch in den nächsten Jahren wiederholt werden.

**Tabelle 7:** Ergebnisse des Lagerversuches 2005 (1 Woche bei 2 °C)

Sorte	Erntetermine Anzahl	Fruchtzahl gesamt eingelagert	gesund %	weich %	Botrytis %	optische Bewertung nach Auslagerung 1=gering, 9=sehr gut
Alba	4	86	98,8	0,0	1,2	6
Clery	3	96	100	0,0	0	6
Daroyal	3	48	100	0,0	0	3,5
Darselect	3	42	92,9	7,1	0	7
Divine	3	55	100,0	0,0	0	5
Dora	3	60	98,3	0,0	1,7	3
Elsanta	2	52	100,0	0,0	0	7
Eva	2	32	100,0	0,0	0,0	5
Queen Elisa	3	46	100,0	0,0	0,0	5
Sonata	2	36	100,0	0,0	0	5

# Wirksamkeit pflanzenbaulicher Maßnahmen zur Reduktion des Pilzinokulums im Boden

## Fragestellung

Bodenbürtige Krankheitserreger haben als Überlebensstrategie die Eigenschaft entwickelt, sehr widerstandsfähige Dauerkörper im Boden zu bilden. Diese ermöglichen ihnen ein Überleben im Boden auch bei ungünstigen Bedingungen, wenn z.B. entsprechende Wirtspflanzen fehlen oder die klimatischen Verhältnisse ungünstig sind. Die wichtigsten dieser Krankheitserreger im Erdbeeranbau sind *Phytophthora*- und *Verticillium*-Arten. Erstere sind für die Lederfäule, Rhizomfäule bzw. die Rote Wurzelfäule verantwortlich. *Verticillium dahliae* für die Welkekrankheit. Eine direkte Bekämpfung ist aufgrund fehlender Pflanzenschutzmittel in Mitteleuropa nicht möglich. Die Art und Wirkungsweise der aus glucosinolathaltigen Brassica-Arten im Boden freigesetzten flüchtigen Isothiocyanate wurde erstmals von Kirkegaard und Sarwar, 1998 beschrieben. Seither wurde die Wirkung auf verschiedenste bodenbürtige Krankheitserreger experimentell untersucht.

In diesem Projektteil wird die Wirkung verschiedener glucosinolathaltiger Brassica-Arten im Zwischenfruchtanbau auf die Mikrosklerotien von *Verticillium dahliae* im Boden untersucht. Weiters soll die grundsätzliche Anwendbarkeit im Erdbeeranbau und die Praxistauglichkeit der Methode überprüft werden.

## Methode

Für die Versuche wurden 3 Felder mit einem hohen Verseuchungsgrad von *Verticillium dahliae* gewählt. Die Versuchsbetriebe liegen in NÖ, OÖ und Bgld. Auf den Versuchsfeldern wurden im Frühjahr verschiedene glucosinolathaltige Senf-, Rübsen- und Rapssorten ausgesät (Tabelle 8). Die Anlage der Versuche erfolgte als Praxisversuch: Großblöcke ohne Wiederholung (OÖ, NÖ) bzw. mit zwei Wiederholungen (Bgld). Die Blöcke wiesen eine Länge von 10-15 m auf, die Breite lag entsprechend der Breite der vom Betrieb verwendeten Fräsen zwischen 2,5 -3 m. Bei der Blüte wurde die Zwischenfrucht mit Mähwerk oder Häcksler umgebrochen und danach in den Boden - betriebsüblich mit Fräse oder Grubber - eingearbeitet.

**Tabelle 8:** An den Brassica-Versuchen teilnehmende Versuchsbetriebe, Gehalt an Mikrosklerotien im Boden und Abschätzung des Befallsrisikos, sowie verwendete Brassica-Art

Betrieb / Feldstück	MS <i>Verticillium dahliae</i>	Befallsrisiko Elsanta	Datum Aussaat	Datum Fräsen	Verwendete glucosinolathaltige Brassica- Arten
NÖ 1/1	1,4	Hoch	15.04. 2005	27.06. 2005	Parzellengröße 10x3m, 1. <i>Brassica juncea</i> 'Vitasso', 2. <i>Brassica juncea</i> 'ISCI99' 3. 'ISCI99' + Folienabdeckung 4. <i>Brassica napus</i> 'Petranova' 5. <i>Brassica napus</i> 'Akela' 6. <i>Brassica rapa</i> 'Perko' 7. UK
OÖ 1	7,8	Sehr hoch	02.05. 2005	28.06. 2005	Parzellengröße 12,5x2,5m 1. <i>Brassica juncea</i> 'Vitasso', 2. <i>Brassica juncea</i> 'ISCI99' 3. UK
Bgld. 2/1	10,4	Sehr hoch	09.05. 2005	28.07. 2005	Parzellengröße 15x3m, 2 Wh. 1. <i>Brassica juncea</i> 'Vitasso', 2. <i>Brassica juncea</i> 'ISCI99' 3. <i>Brassica napus</i> 'Petranova' 4. UK

Die Wirksamkeit der Methode wurde mittels eines in Polypropylensäcken (Maschenweite 20 µm) eingeschweißten Standardinokolums von *Verticillium dahliae* überprüft, das unmittelbar nach dem Umbruch in 4 facher Wiederholung in 10 cm Tiefe vergraben wurde. 2 Wochen danach wurden die Säcke entnommen und die Zahl der überlebenden Mikrosklerotien mittels Nasssiebung und Anzucht auf semiselektivem Nährmedium ermittelt (Harris *et. al.*, 1996). An zwei Betrieben (NÖ, OÖ) wurden danach Grünpflanzen ('Elsanta') gesetzt. Die Entwicklung der Erdbeeren nach der Pflanzung wurde ebenso bonitiert wie die Unkrautentwicklung im Spätsommer (Standort NÖ).

## Ergebnisse und Diskussion

### Entwicklung der Zwischenfrucht und Wirkung gegen Verticillium im Boden

Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Die Brassica-Arten entwickelten sich unterschiedlich gut auf den 3 Standorten. 'Perko' und 'Akela' wuchsen schwach und produzierten wenig Biomasse, während sich bei den Sorten 'Vitasso', 'ISCI99' und 'Petranova' durchwegs dichte Bestände von > 80 cm Höhe entwickelten. Die hochgerechnete Biomasse bei diesen Sorten liegt zwischen 20 und 30 t Frischgewicht/ha. Am Standort 'NÖ' wurden die Bestände stark von Erdflöhen befallen, die Sorte 'ISCI99' wies im 'BglD'. einen Mehltaubefall auf.

Die Auswertung der Mikrosklerotien des Standardinokolums ergab je nach Standort Reduktionen zwischen 0 und 30 %. Eine signifikante Verringerung des Inokolums wurde nur in 'OÖ' bei der Sorte 'Vitasso' festgestellt. Die Wirkung der anderen Sorten ließ sich nicht signifikant von den Kontrollen unterscheiden.

#### Wirkung gegen Unkräuter:

Auffallend war die stark unkrautunterdrückende Wirkung der Maßnahme. Das Keimen der Unkräuter Vogelmiere (*Stellaria medea*), Hirtentäschel (*Capsella bursa*) und Taubnessel (*Lamium amplexicante*) wurde in den Parzellen in denen die Zwischenfrucht eingearbeitet wurde völlig unterdrückt. In der Kontrollparzelle war vor allem die Vogelmiere im Spätsommer flächendeckend vorhanden.

**Tabelle 9:** Entwicklung der Brassica Zwischenfrucht, Wirkung auf *Verticillium dahliae* und Unkrautsamen, sowie phytoxische Reaktion der Erdbeeren

Betrieb	Variante	Brassica	Verticillium dahliae			Erdbeeren		Bodendeckung, Unkräuter					
		Höhe des Bestands zur Blüte cm	Mikrosklerotien pro g Boden	Reduktion %	Duncan 0,05	normal entwickelte Pflanzen %	Duncan 0,05	<i>Stellaria medea</i> %	<i>Capsella bursa</i> %	<i>Lamium amplexicante</i> %			
NÖ1/1	ISCI 99	110	5,8	-1,8	a	88	a	0	0	0			
NÖ1/1	ISCI+Folie	110	5,9	-3,5	a	75	a	0	0	0			
NÖ1/1	Vitasso	110	4,9	14,0	a	90	a	0	0	0			
NÖ1/1	Petranova	80	5,0	12,3	a	92	a	0	0	0			
NÖ1/1	Perko	35	5,4	5,3	a	88	a	0	0	0			
NÖ1/1	Akela	30	5,6	1,8	a	88	a	0	0	0			
NÖ1/1	UK	-	5,7	-	a	91	a	80	vereinzelt	vereinzelt			
BglD2/1	ISCI 99	80	6,0	11,2	a	keine Erdbeeren gepflanzt		keine Auswertungen					
BglD2/1	Vitasso	140	6,1	9,5	a								
BglD2/1	Petranova	90	6,0	10,6	a								
BglD2/1	UK	-	6,7	-	a								
OÖ1	ISCI 99	115	5,2	-4,0	a	57	a						
OÖ1	Vitasso	100	3,5	30,0	b	54	a						
OÖ1	UK	-	5,0	-	a	60	a						

### Einfluss auf Pflanzenentwicklung der Erdbeere

Am Standort NÖ 1-1 entwickelten sich die maschinell gepflanzten Erdbeeren normal, beim Standort in OÖ wuchsen die händisch gepflanzten Erdbeeren aufgrund der starken Verdichtungen schlechter an. Es fanden sich jedoch keine Unterschiede zwischen Parzellen mit Brassica Zwischenfrucht und den nicht behandelten Kontrollvarianten. Die 14-tägige Zeitspanne zwischen Einfräsen und Pflanzung war ausreichend lange und führte zu keinen phytotoxischen Reaktionen an den Pflanzen.

### Praxistauglichkeit der Methode

Da die zur Durchführung notwendigen Geräte (Sämaschine, Schlägelhäcksler, Fräse) in Erdbeerbetrieben meist vorhanden sind und der Arbeitsaufwand relativ gering ist, wurde die Methode von den Betriebsleitern als einfach und praktikabel angesehen. Der Einsatz von schwarzer Mulchfolie zur Wirkungssteigerung, die in Italien und den Niederlanden verwendet wird, wird aufgrund der sehr hohen Kosten (je nach Art der Folie 4.000 - 8.000 €/ha) und der Entsorgungsproblematik von den Praktikern abgelehnt.

Hinsichtlich des Zeitpunktes der Einsaat und der Fruchtfolgestellung der *Brassica juncea* Zwischenfrucht ist eine Anwendung im Sommer z. B. nach erfolgter Getreideernte günstig. Die Pflanzung würde im nächsten Frühjahr mit Frigo-erdbeeren erfolgen. Das relativ kühle Frühjahr 2005 zeigte, dass bei Aussaat im Frühjahr die Entwicklung von *Brassica juncea* zögerlich vonstatten gehen kann. Die Frigopflanzung konnte erst im Juni erfolgen, was arbeitstechnisch ungünstig ist (Erdbeerernte!). In solchen Jahren könnte eine Pflanzung von Grünpflanzen im Sommer erfolgen.

### Anwendbarkeit der Methode

Grundsätzlich stellt die Methode einen neuen, einfachen Weg zur Sanierung von Flächen die von bodenbürtigen Schaderregern befallen sind dar, was auch die im Versuch gezeigte Wirkung gegen Unkrautsamen zeigt. Die Mikrosklerotien von *Verticillium* sind robuster gegenüber dieser Maßnahme als die Dauerformen anderer Pilze (Manici, 2000). Die in den Versuchen erzielte Reduktion des Inokolums im

Boden ist noch zu gering um die Methode in der hier erprobten Form als Maßnahme gegen den Schaderreger empfehlen zu können.

Um dies zu erreichen sind Anstrengungen zur Optimierung der Methode notwendig. Folgende Prozessschritte beeinflussen die Wirksamkeit und sollten in Exaktversuchen überprüft und optimiert werden: 1. Die Intensität des Aufschlusses des Pflanzenmaterials und die Art der Einarbeitung in den Boden. 2. Die Rückverdichtung des Bodens nach dem Einarbeiten als Alternative zur Abdeckung. 3. Die Temperatur und Wassersättigung des Bodens.

# Einfluss des Produktionssystems

## Fragestellung

Im Rahmen eines im gartenbaulichen Versuchsgarten des Instituts für Garten-, Obst- und Weinbau (BOKU) angelegten mehrjährigen Versuches standen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt:

- 3.1 Welchen Einfluss haben verschiedene Produktionssysteme (der Versuch besteht seit 1998) auf Ertragsparameter und das Auftreten von Krankheiten im Erdbeeranbau?
- 3.2 Ist durch die mehrjährige Anwendung bodenschonender Produktionssysteme die Möglichkeit der Sanierung von *Verticillium*-befallenen Flächen gegeben?
- 3.3 Welchen Einfluss haben die verschiedenen Produktionssysteme auf die Fruchtqualität?
- 3.4 Welchen Einfluss haben die verschiedenen Produktionssysteme auf die Bildung sekundärer Inhaltsstoffe (Flavonoide)?

## Material und Methode

In der Versuchsanlage des Instituts für Garten-, Obst- und Weinbau in Wien-Jedlersdorf wurde 1998 ein Feldversuch mit sechs verschiedenen Dünge- und Produktionsvarianten (Nullvariante ohne Düngung, mineralischer Handelsdünger, mineralischer Handelsdünger mit Herbizid, Kompost aus betriebseigenen Grünabfällen, organischer Handelsdünger in Form von Hornspänen, Stallmistkompost von Pferden) in vierfacher Wiederholung angelegt. Tabelle 10 stellt die Fruchtfolge seit Beginn der Versuchsanlage dar. Eine zusätzliche Differenzierung der Düngevarianten erfolgte bis Frühjahr 2003 durch jährliche Einsaat einer Winterbegrünung mit Winterroggen als 2. Faktor. Bei der Auswertung der Ertragserhebungen 2004 und 2005 wurden diese Parzellen allerdings zusammengefasst (insgesamt also 8 Wiederholungen). Die Düngung erfolgte jährlich parzellenweise auf Entzug nach Bodenuntersuchung im Frühjahr. In den



Handelsdüngerparzellen wurden außerdem in der Praxis übliche Pflanzenschutzbehandlungen (siehe Tabelle 11) durchgeführt; diese Parzellen werden im folgenden auch als „konventionell“ bezeichnet. Im Frühjahr 2003 wurden pro Wiederholungsparzelle (Parzellengröße 4,5 x 4,5 m) jeweils 75 Frigopflanzen der Erdbeersorte 'Elsanta' in Einzelreihen mit 0,9 x 0,3 m Pflanzabstand eingesetzt.

**Tabelle 10:** Auf der Versuchsfläche seit 1998 angebaute Kulturen

Jahr	Erstfrucht	Zweitfrucht
0. 1998	Sellerie	-
1. 1999	Salat	Rotkraut
2. 2000	Spinat	Feldgurke
3. 2001	Sonnenblume	
4. 2002	Cirsium	
<b>5. 2003</b>	<b>Erdbeere (Frigo)</b>	
<b>6. 2004</b>	<b>Erdbeere</b>	
<b>7. 2005</b>	<b>Erdbeere</b>	

**Tabelle 11:** Darstellung der Versuchsvarianten

Variante (kurz)	Düngung*	Pflanzenschutz
Null	-	-
Konv	mineral. Handelsdünger	konventionell**
Konv+Herb	mineral. Handelsdünger	konventionell** + Herbizid***
Kompost	verrotteter Grünschnittkompost	-
org.Handelsd.	Hornspäne	-
Stallmist	verrotteter Pferdemistkompost	-

\*= jährlich parzellenweise auf N-Entzug nach vorheriger Bodenuntersuchung  
 \*\*= Gießbehandlungen mit Aliette am 27.6.03, 3.10.03 und 21.4.03  
 Spritzungen mit Score am 16.9.05, Switch am 8.5.04 und Euparen am 17.5.04  
 \*\*\*= Spritzung mit Goltix 700SC am 1.7.03

Als Wuchsparameter wurde am 26. 4. 2005 das Pflanzvolumen durch Abmessen der maximalen Breite, Länge und Höhe von 26 Pflanzen je Parzelle und nachfolgender Multiplikation der Messwerte ermittelt.

Für die Erntebonituren wurden 3 x pro Woche aus dem mittleren Bereich der Parzellen (2. und 4. Reihe, insgesamt 7,2 m<sup>2</sup> je Wiederholungsparzelle) alle reifen und gesunden Früchte blockweise abgeerntet, gezählt und mit einer elektrischen Waage auf g genau abgewogen. Mit einer Schablone wurde anschließend die Zahl der für den Frischmarkt zu kleinen Früchte (<18 mm Durchmesser) ermittelt. Die

aufgrund anderer Ursachen nicht vermarktbar Früchte wurden bereits beim Ernten parzellenweise in ein eigenes Gefäß gegeben und anschließend folgenden Schadenskategorien (bei mehreren Symptomen wurde der Hauptschaden gewertet) zugeordnet:

- Botrytis
- Colletotrichum
- unreif (*Verticillium*)
- Fraßschaden
- deformiert
- weichfaul (bzw. überreif)
- andere Schäden

Bei der Auswertung wurden die Ergebnisse aller Einzelerntetermine summiert und aus dem Gesamterntegewicht an gesunden Früchten und der Stückzahl das durchschnittliche Einzelfruchtgewicht ermittelt. Von jeder Erntekategorie (gesund, Botrytis etc.) wurde der Prozentsatz bezogen auf die Gesamtstückzahl errechnet.

An drei Terminen wurde die Anzahl der welken Pflanzen pro Parzelle gezählt. Um Doppelbestimmungen zu vermeiden wurden diese Pflanzen ausgegraben. In den Parzellen 1a - 1d (Nullparzellen), 5a - 5d (Konventionell + Herbizid), 6a - 6d (Konventionell + Herbizid + Winterbegrünung), 7a - 7d (Biologisch (Kompost)), 8a - 8d (Biologisch (Kompost) + Winterbegrünung) wurden Bodenproben entnommen und im Labor der Gehalt an Mikrosklerotien von *Verticillium dahliae* pro Gramm Boden bestimmt. Weiters erfolgten nach der Ernte 2004 und 2005 eine Bonitur der Pflanzen auf *Verticillium*-Befall (Befallstärke 1 - 4).

Bei den Untersuchungen zur Fruchtqualität wurden am 16. 6. 2005 pro Wiederholungsparzelle ca. 0,5 kg Erdbeeren unmittelbar nach der Ernte im Labor auf ihre Qualitätsmerkmale untersucht. Weiters wurden am selben Tag geerntete Früchte im Kühlraum bei 2 °C für 12 Tage eingelagert und alle 2 Tage pro Parzelle ca. 0,5 kg entnommen und untersucht. Der Gewichtsverlust während der Lagerung wurde mit einer Analysenwaage, die Fruchtfestigkeit mithilfe des Penetrometers M1000E der Firma Mecmesin bestimmt. Danach wurden die Früchte mit einem Haushaltsensafter

(Firma Braun MP 80 Multipress automatic) entsaftet. Der Gehalt an Vitamin C wurde mittels Reflectoquant-Analysestäbchen (RQflex® von Merck) und die lösliche Trockensubstanz als % Brix mit einem digitalen Refraktometer (Palette PR-101 der Firma Atago) ermittelt. Aus der Leitfähigkeit, dem Redoxpotential und dem pH-Wert (alle mittels BE-T-A MT-732 Gerät der Firma Med-Tronik ermittelt) wurde mittels der Formel von Hoffmann (1991), die auch eine Temperaturkorrektur beinhaltet, der P-Wert errechnet.

Nach Möglichkeit erfolgte eine Verrechnung der erhaltenen Werte mit dem Statistikprogramm SPSS 11.0 für Windows in Form einer Varianzanalyse mit nachfolgendem Mittelwertvergleich auf statistisch signifikante Unterschiede (S-N-K-Test,  $\alpha = 5\%$ ).

## Ergebnisse

### 1. Wuchs

Das höchste errechnete Pflanzvolumen ( $20.106 \text{ cm}^3$ ) Ende April 2005 wiesen die Pflanzen in den mit Stallmist gedüngten Parzellen auf, signifikant niedriger waren die Werte in den konventionell ( $15.608 \text{ cm}^3$ ), mit Hornspänen ( $16.428 \text{ cm}^3$ ) und Kompost ( $17.268 \text{ cm}^3$ ) gedüngten Parzellen (Tabelle 12).

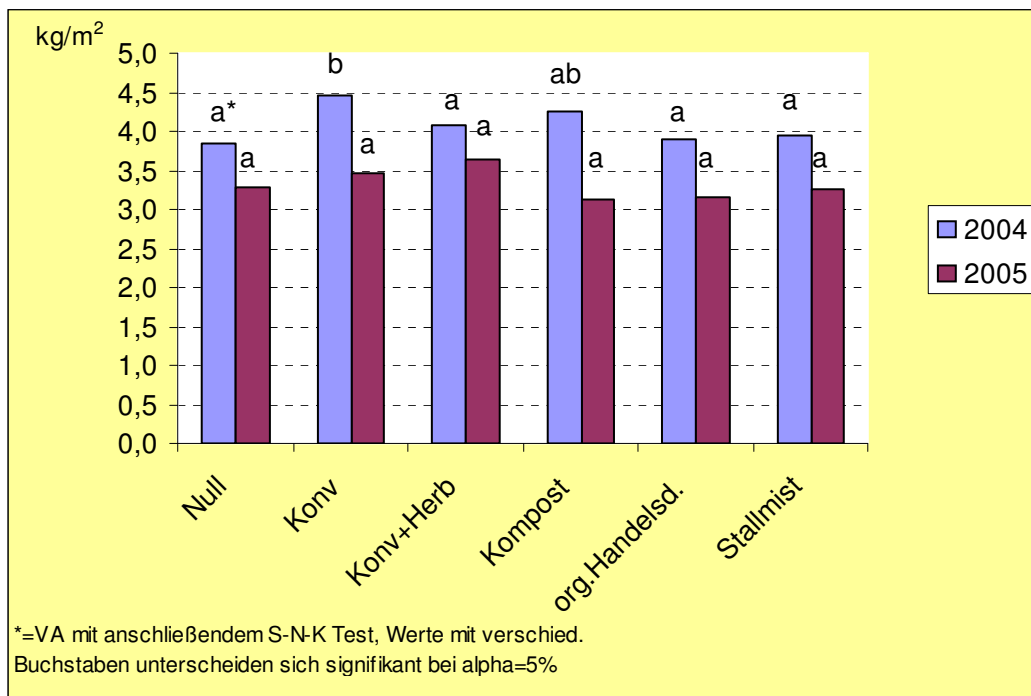
**Tabelle 12:** Ergebnisse der Wuchsmessungen 26. 4. 2005

Variante	Anzahl Werte N	Breite x Länge cm <sup>2</sup>	Statistik *	Höhe cm	Statistik *	Pflanzvolumen dm <sup>3</sup>	Statistik *
Null	202	1.085	ab	16,3	bc	18.516	bc
Konv	205	1.007	a	14,9	a	15.608	a
Konv+Herb	195	1.082	ab	16,0	bc	18.134	bc
Kompost	203	1.027	a	16,1	bc	17.268	ab
org.Handelsd.	198	1.003	a	15,7	b	16.428	ab
Stallmist	200	1.146	b	16,8	c	20.106	c

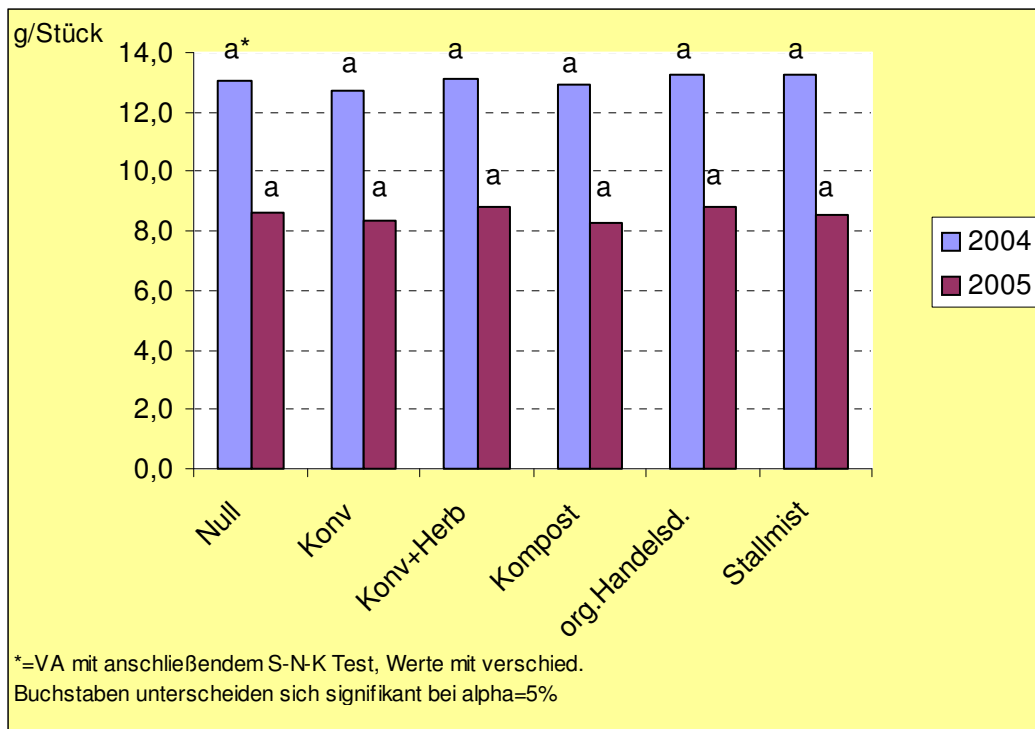
\*=VA mit anschließendem S-N-K Test, Werte mit unterschiedl. Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei alpha=5%

## 2. Ertragsparameter

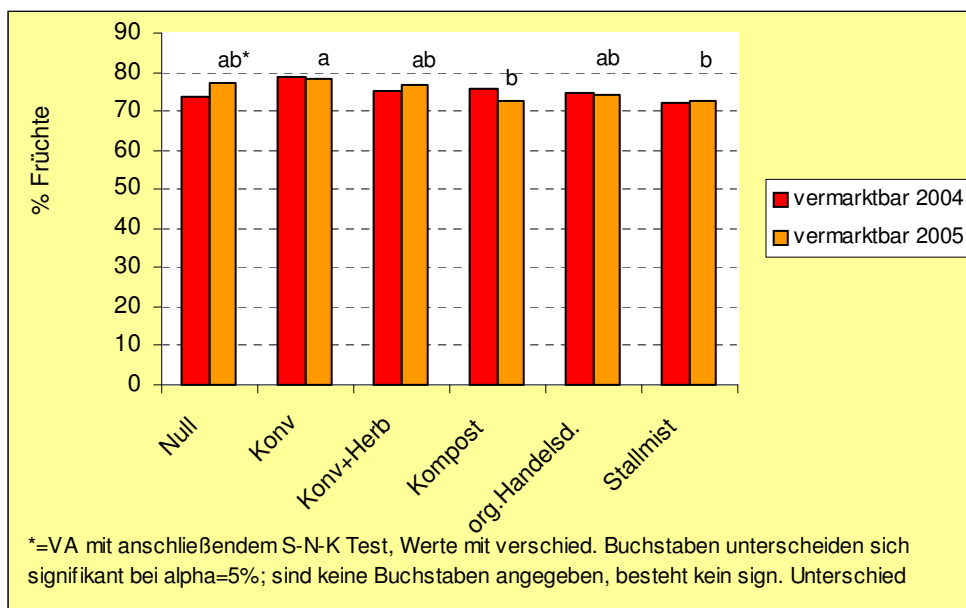
Der Ertrag an gesunden Früchten war mit über 3 kg/m<sup>2</sup> in beiden Jahren und bei allen Varianten sehr hoch. 2004 lag er bei der Variante konventionell ohne Herbizid am höchsten und zwar signifikant zu den anderen mit Ausnahme der Kompostvariante. 2005 wurde in beiden konventionellen Varianten tendenziell etwas mehr geerntet als in den übrigen Parzellen (Abbildung 5). Die mittleren Stückgewichte unterschieden sich in beiden Jahren nicht signifikant zwischen den Varianten (Abbildung 6) Den höchsten Anteil an vermarktbaren Früchten wies in beiden Jahren die Variante Mineraldünger herbizidfrei auf, 2005 waren die Unterschiede zur Kompost- und Stallmistvariante statistisch signifikant (Abbildung 7).



**Abbildung 5:** Ertrag (kg/m<sup>2</sup> gesunde Früchte) 2004 und 2005



**Abbildung 6:** Durchschnittliches Fruchtgewicht (g/Stück) 2004 und 2005



**Abbildung 7:** Anteil vermarktbarer Früchte bei der Ernte 2004 und 2005

### Fruchtfäuleerreger und nicht vermarktbare Früchte

Der starke Befall der Pflanzen mit *Verticillium* (s. u.) führte zu einem hohen Anteil unreifer Früchte, die Unterschiede zwischen den Varianten waren jedoch nicht signifikant. Witterungsbedingt trat im Jahr 2005 wenig Graufäule auf. Die

konventionellen Varianten, in denen Fungizidbehandlungen durchgeführt wurden, wiesen jedoch, wenngleich auf sehr niedrigem Niveau, einen signifikant geringeren Anteil an Früchten mit *Botrytis*-Befall auf als die übrigen nicht behandelten Varianten. Schäden durch *Colletotrichum* waren unbedeutend. Was die anderen Schadursachen betrifft, so waren keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Varianten festzustellen, lediglich im Anteil der für die Vermarktung als Tafelobst zu kleinen Früchte unter 18 mm zeigten die organisch gedüngten Parzellen tendenziell höhere Anteile als die konventionellen Varianten und die Nullparzelle (Tabelle 13).

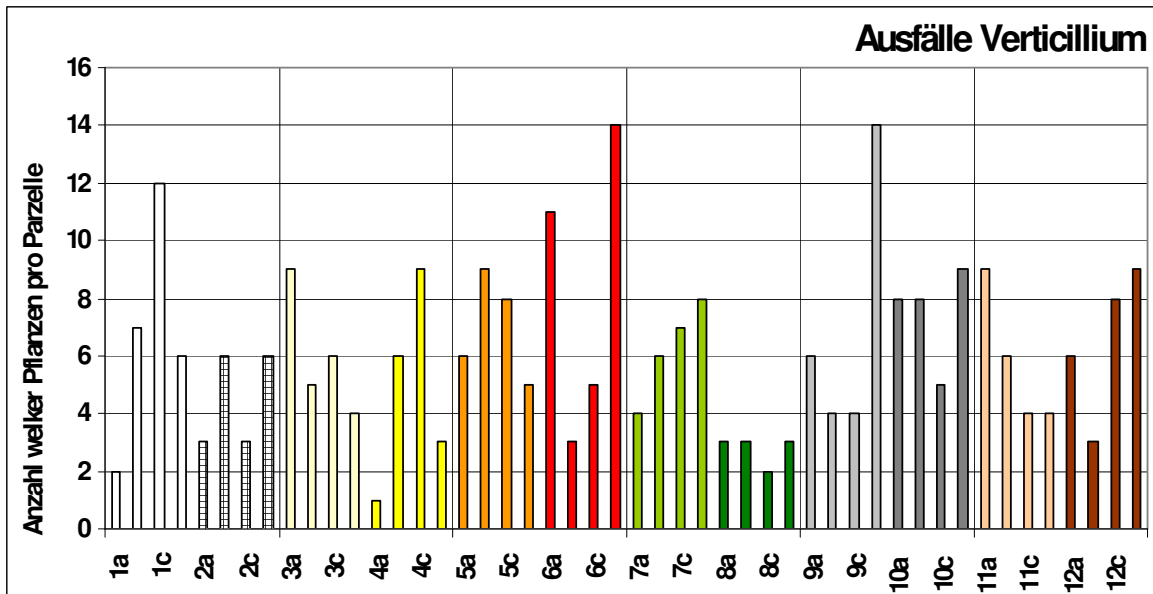
**Tabelle 13:** Ursachen für Nichtvermarktbarkeit der Früchte bei der Erntebonitur 2005

Variante	vermarktbar % Früchte *	<18 % Fr. *	Botrytis % Fr. *	Colletotrichum % Fr. *	notreif (Verticillium) % Fr. *	Fraß % Fr. *	deformiert % Fr. *	weich % Fr. *	andere Schäden % Fr. *
Null	77,0 ab	10,4 a	0,7 b	0,01 a	7,9 a	1,6 a	0,8 ab	0,7 a	0,8 a
Konv	78,3 a	9,4 a	0,2 a	0,00 a	7,7 a	1,8 a	1,3 b	0,6 a	0,6 a
Konv+Herb	77,0 ab	10,3 a	0,3 a	0,00 a	8,1 a	1,8 a	1,2 ab	0,6 a	0,8 a
Kompost	72,6 b	12,4 a	0,7 b	0,01 a	10,0 a	1,5 a	1,2 ab	0,8 a	0,7 a
org.Handelsd.	74,1 ab	12,2 a	0,9 b	0,03 a	8,8 a	1,9 a	0,7 a	0,7 a	0,8 a
Stallmist	72,5 b	13,3 a	0,7 b	0,01 a	9,4 a	2,0 a	0,7 a	0,7 a	0,7 a

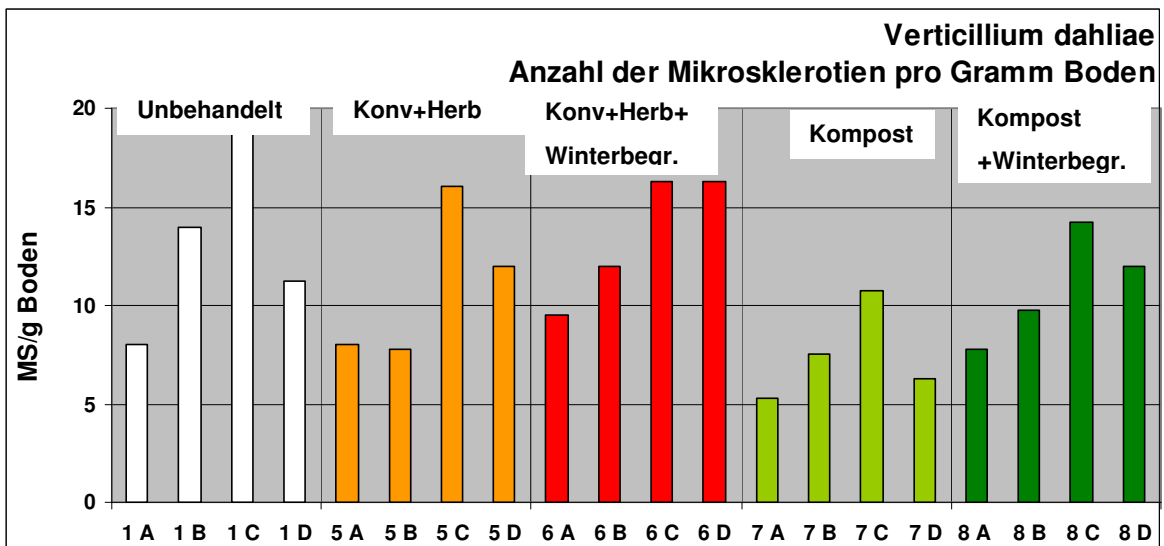
\*=Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls Test, Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei alpha=5%

### 3. *Verticillium*-Auswertungen

Unabhängig vom Produktionssystem waren Pflanzenausfälle durch die Welkekrankheit in allen Parzellen zu verzeichnen (Abbildung 8).



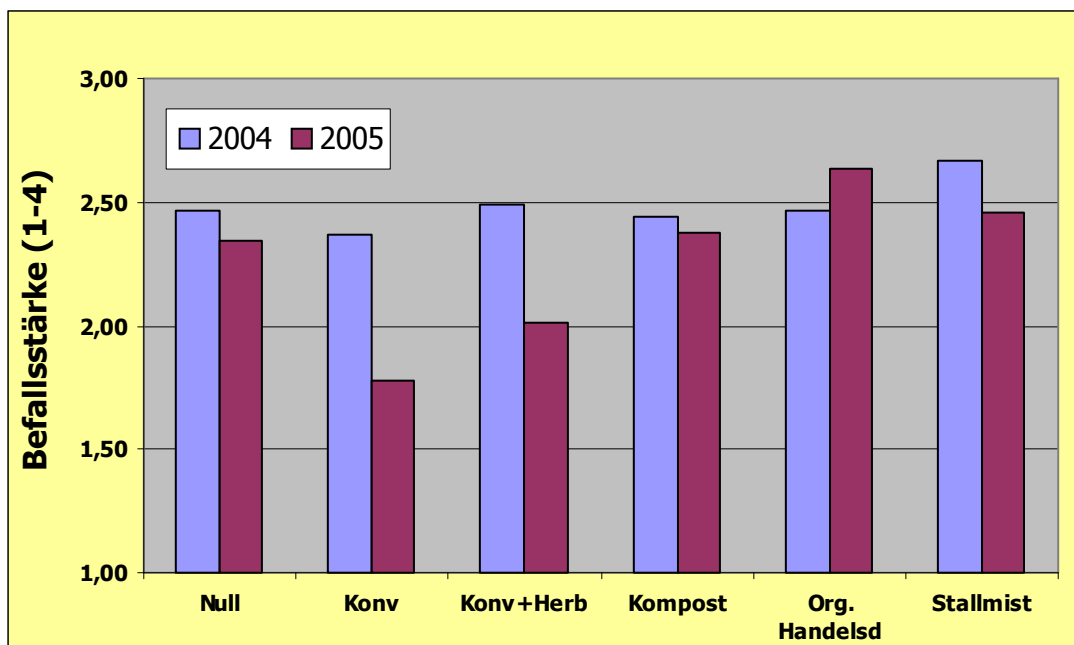
**Abbildung 8:** Anzahl *Verticillium*-befallener Pflanzen in den Versuchspartellen



**Abbildung 9:** Gehalt an Mikrosklerotien von *Verticillium dahliae* in den Versuchspartellen

Der Einfluss des Produktionssystems auf das Ausmaß der Welkekrankheit ist gering. Die Bodenuntersuchungen auf den Gehalt an Mikrosklerotien pro Gramm Boden zeigen eine hohe bis sehr hohe Belastung der davor gemüsebaulich genutzten Flächen, wobei der Befall in den Blöcken C+D tendenziell über jenen der Blöcke A+B lag (Abbildung 9).

Abbildung 10 zeigt die Befallsstärke der Pflanzen im Feld nach der Ernte. Welkesymptome traten in beiden Jahren in allen Parzellen auf. 2004 waren die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten gering, 2005 waren die beiden konventionellen Varianten deutlich weniger befallen.



**Abbildung 10:** Befallsstärke durch die *Verticillium*-Welke 4 - 6 Wochen nach der Ernte 2004 und 2005 (Boniturschema: 1 = Pflanze gesund, 4 = Pflanze abgestorben)

### **Einfluss der verschiedenen Produktionssysteme auf die Fruchtqualität**

Die Fruchtfestigkeit unmittelbar nach der Ernte war bei den konventionellen Varianten signifikant niedriger als in den mit Hornspänen und Stallmist gedüngten Parzellen. Bei den Brix-Werten waren keine gesicherten Unterschiede festzustellen, während der Vitamin C-Gehalt in der ungedüngten Parzelle sowie wiederum in den Varianten Hornspäne und Stallmist signifikant höher lag als in den konventionell gedüngten Parzellen. Die niedrigsten P-Werte mit 382,75 waren in den Früchten der



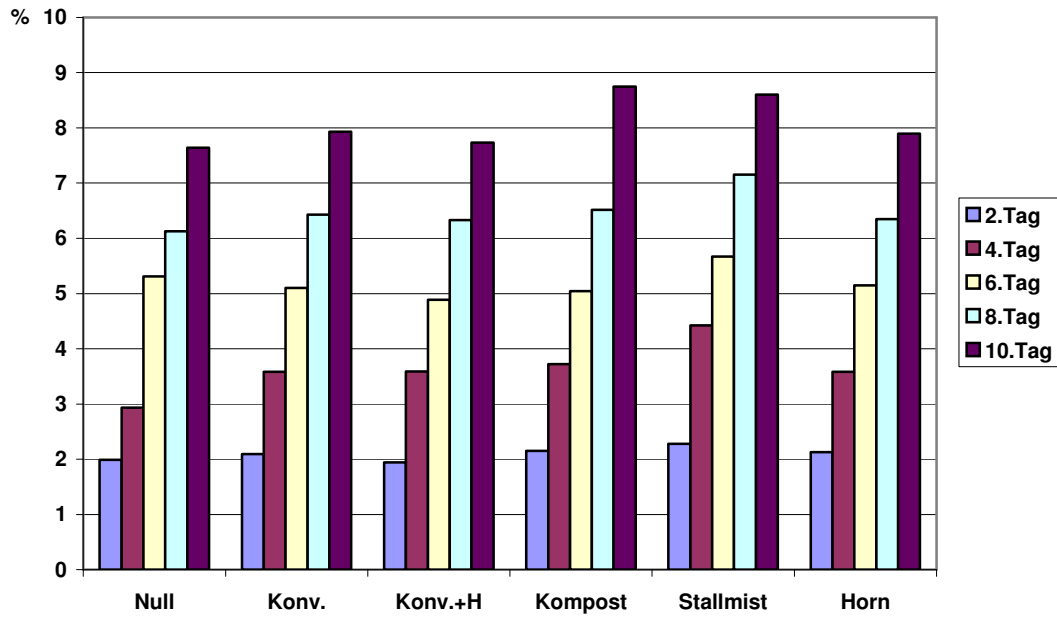
konventionellen Parzelle zu finden, signifikant davon zu unterscheiden waren aber nur die mit Stallmist gedüngten Früchte mit 585,75 (Tabelle 14).

**Tabelle 14:** Ergebnisse der Fruchtqualitätsparameter unmittelbar nach der Ernte 2005

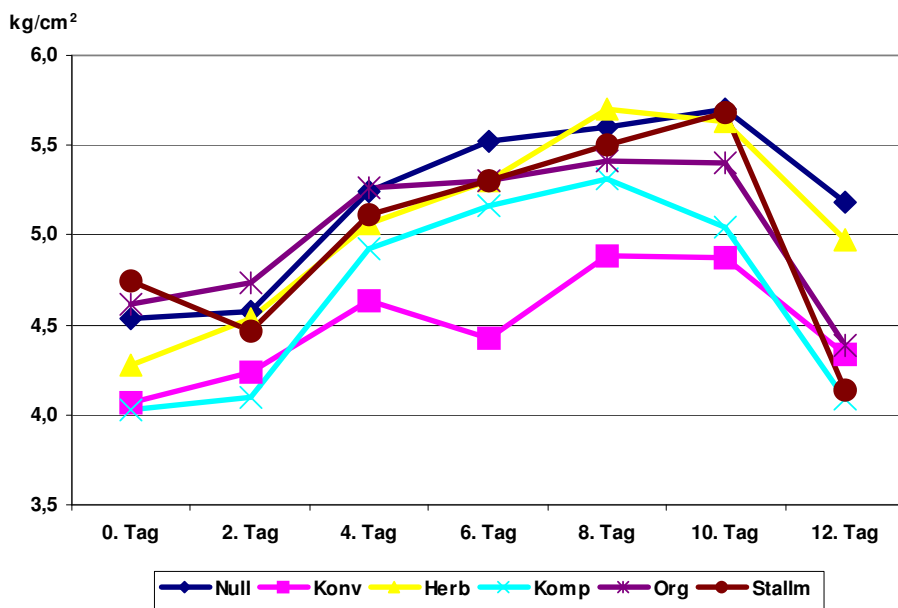
Variante	Fruchtfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	*	Brix %	*	Vitamin C mg/l	*	P-Wert	*
Null	4,53	ab	7,20	a	734,50	b	502,25	ab
Konv	4,07	a	7,48	a	629,50	a	382,75	a
Herbizid	4,03	a	7,53	a	689,50	ab	494,00	ab
Kompost	4,28	ab	7,35	a	706,50	ab	459,25	a
Hornspäne	4,62	b	7,28	a	729,00	b	444,25	a
Stallmist	4,75	b	7,70	a	720,50	b	585,75	b

\*=Varianzanalyse mit anschließendem Student-Newman-Keuls Test,  
Werte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei alpha=5%

Bei den Lagerversuchen wurden bei allen Varianten hohe Gewichtsverluste im Laufe der Lagerzeit festgestellt, wobei die Verluste nach 12 Tagen in der Nullvariante am geringsten, bei den organisch gedüngten Früchten am höchsten waren (Abbildung 11). Die Fruchtfestigkeit stieg bis zum 12. Tag an, am Ende der Lagerung wies die Nullvariante auch die festesten Früchte auf (Abbildung 12). Die Vitamin C-Gehalte zeigten einen fallenden Verlauf, wobei die Früchte in der Nullparzelle auch nach 12 Tagen noch die höchsten Werte aufwiesen (Abbildung 13). Die Brix-Gehalte zeigten während der Lagerung eine leicht steigende Tendenz, die Unterschiede zwischen den Varianten schwankten aber stark. Beim P-Wert einer elektrochemischen Messmethode, war bei den meisten Varianten ein leichter Anstieg im Verlauf der Lagerung festzustellen (Abbildung 14).



**Abbildung 11:** Gewichtsverlust bei den Varianten im Verlauf der Lagerung bei 2 °C



**Abbildung 12:** Fruchtfestigkeit (kg/cm<sup>2</sup>) bei den Varianten im Verlauf der Lagerung

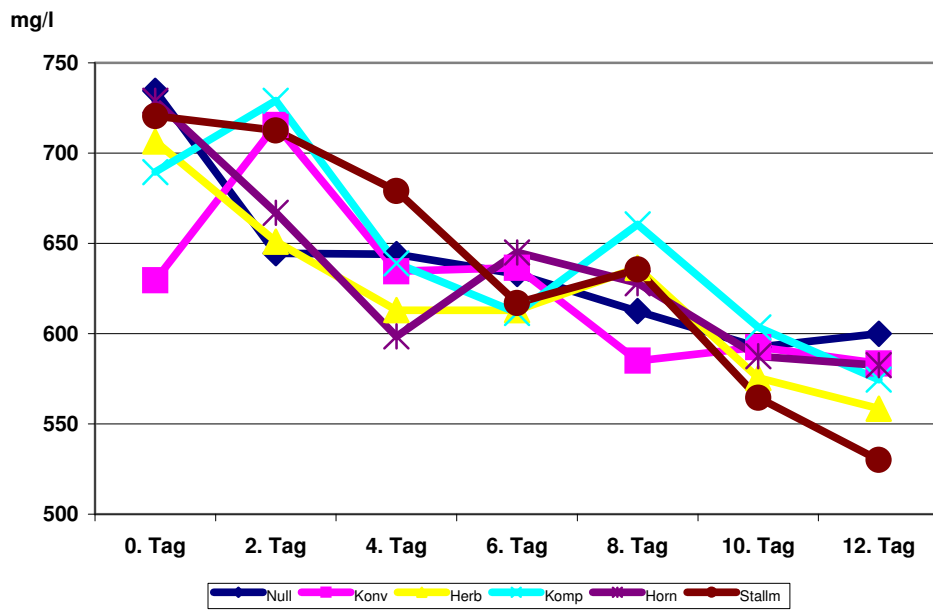


Abbildung 13: Vitamin C- Gehalt (mg/l) im Verlauf der Lagerung bei 2 °C

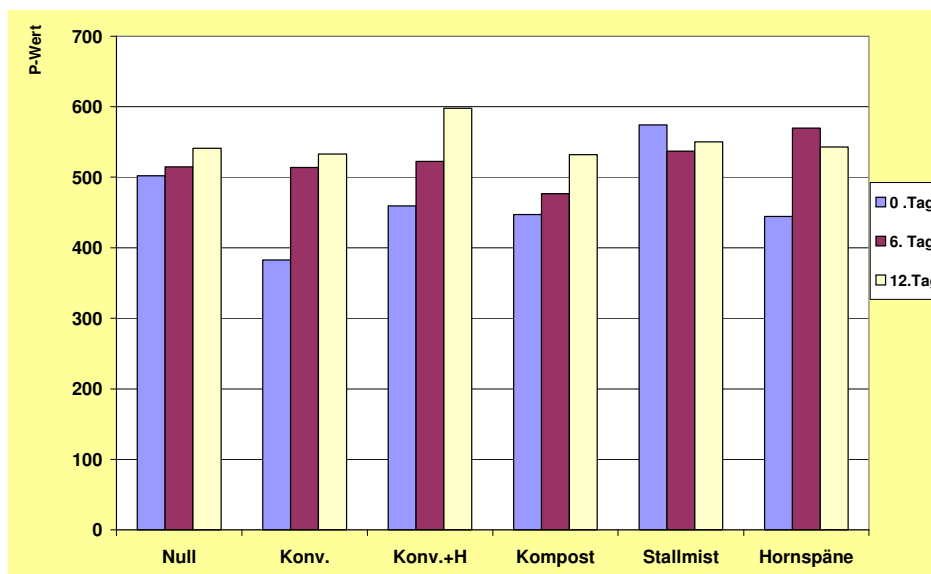


Abbildung 14: P-Wert im Verlauf der Lagerung bei 2 °C

# **Einfluss der verschiedenen Produktionssysteme auf die Bildung sekundärer Inhaltsstoffe (Flavonoide)**

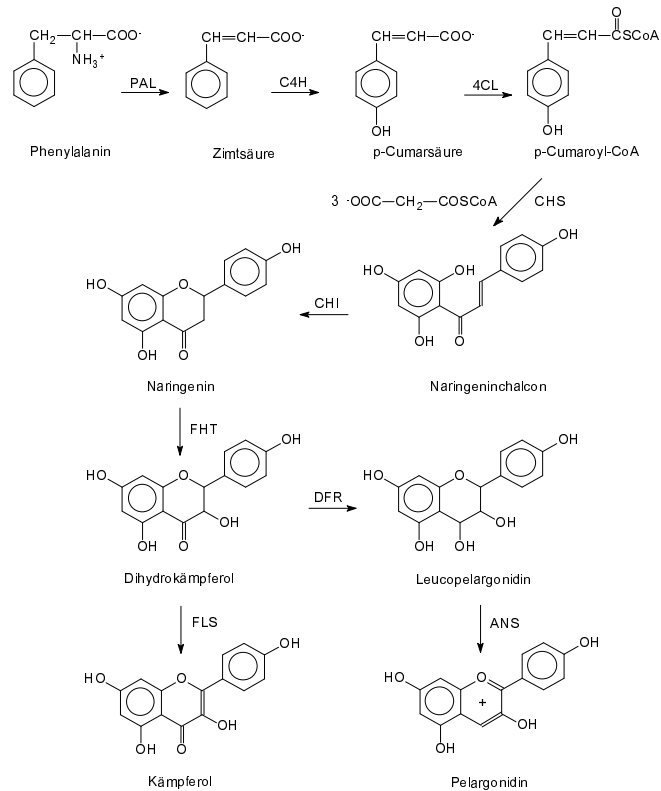
## **Einleitung**

Die Flavonoide gehören zu den sekundären Inhaltsstoffen der Pflanzen. Sie haben aufgrund ihrer mannigfaltigen Strukturen und Funktionen eine sehr vielfältige Bedeutung in der Natur. In der Erdbeere sind die wichtigsten zu den Flavonoiden gehörenden Substanzklassen die Flavan 3-ole (Catechin, Epicatechin und die davon abgeleiteten Proanthocyanidine), die Flavonole (Kämpferol- und Quercetin-Derivate) und die Anthocyane (Pelargonidin- und Cyanidin-Derivate). Durch den Genuss der Erdbeere gelangen diese Inhaltsstoffe in den menschlichen Körper. Vor allem durch ihre antioxidativen Eigenschaften üben sie eine positive Wirkung auf den menschlichen Organismus aus. Sie wirken antikanzerogen, wirken gegen Herz-Kreislaufkrankungen und bewirken eine Stimulierung des Immunsystems.

Auch für die Erdbeerpflanze sind die Flavonoide von Bedeutung. Vor allem die Flavan 3-ole (Catechin, Epicatechin und die Proanthocyanidine) dienen der Erdbeere als Schutz vor Krankheitserregern und vor Fraßfeinden. Ersteres ist vor allem in Zusammenhang mit den bodenbürtigen Krankheitserregern und mit dem Grauschimmel wichtig. Letzteres ist für die Pflanze vor allem von Bedeutung, solange die Samen an den unreifen Früchten noch nicht ausgereift sind. Durch die Bildung der Anthocyane, die der Erdbeere als rote Pigmente dienen, signalisiert die Pflanze, dass die Frucht reif ist. Die rote Farbe ist aber auch bei der Vermarktung ein wesentliches Qualitätskriterium. Da überreife Früchte eine dunkelrote Farbe annehmen, werden von den Konsumenten bevorzugt scharlachrot gefärbte Früchte gekauft (überwiegend Pelargonidin-Derivate), da sie annehmen, dass es sich bei derart gefärbten Erdbeeren um frische Ware handelt. Die durch Bildung größerer Mengen an Cyanidin-Derivaten dunkelrot gefärbten Sorten werden hingegen weniger gerne gekauft.

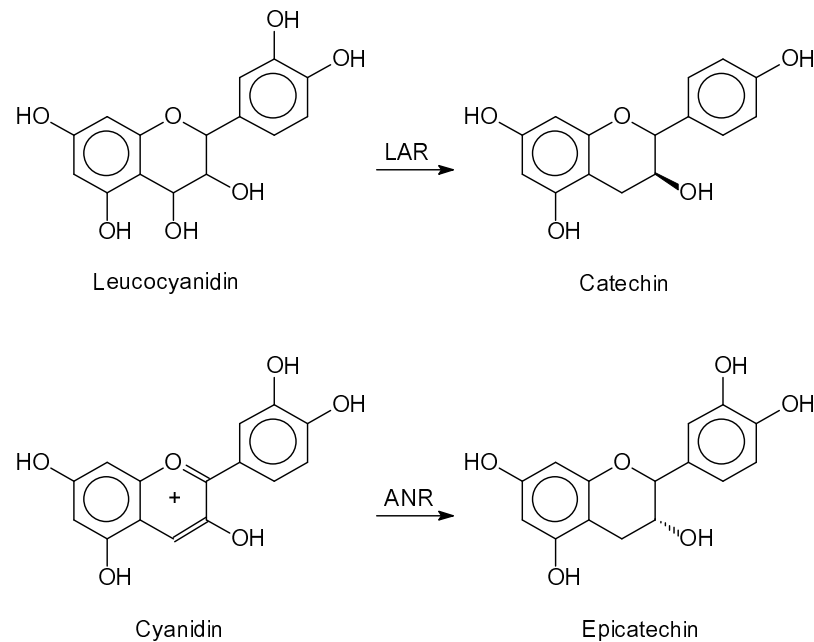
## Biosynthese der Flavonoide

Abbildung 15 zeigt die Biosynthese der Flavonole und Anthocyanidine



PAL	Phenylalaninammonialyase	C4H	Cinnamat 4-hydroxylase
4CL	4-Cumarat: CoA-ligase	CHS	Chalconsynthase
CHI	Chalconisomerase	FHT	Flavanon 3-hydroxylase
FLS	Flavonolsynthase	DFR	Dihydroflavonol 4-reduktase
ANS	Anthocyanidinsynthase	LAR	Leucoanthocyanidinreduktase
ANR	Anthocyanidinreduktase		

Abbildung 16 zeigt die Biosynthese der Flavan 4-ole Catechin und Epicatechin



### Fragestellung

Im abgeschlossenen Forschungsprojekt „Induktion der Flavonoid-Biosynthese bei Apfel in Hinblick auf induzierte Resistenz gegenüber dem Erreger von Schorf (*Venturia inaequalis*)“ (Forschungsprojekt Nr. 1242; GZ. 24.002/82-IIA 1a/00) konnte gezeigt werden, dass vor allem die Düngung einen entscheidenden Einfluss auf die Flavonoid-Biosynthese und damit auf die Krankheitsresistenz ausübt. Eine gute Stickstoffversorgung führt zu einem gesteigerten Wachstum der Pflanze. Das bedeutet, dass mehr Phenylalanin aus dem Aminosäure-Pool für die Protein-Biosynthese verwendet wird und geringere Mengen der Phenylalaninammonialyase (PAL), dem Schlüsselenzym aller Phenylpropane, zur Verfügung stehen. Dadurch werden auch weniger Flavonoide, die zur Abwehr des Krankheitserregers notwendig sind, gebildet.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts soll geprüft werden, welchen Einfluss die verschiedenen Produktionssysteme auf die Biosynthese der Flavonoide haben.

## Ergebnisse

Da außer der Phenylalaninammonialyase (PAL) bislang noch kein an der Biosynthese der Flavonoide beteiligtes Enzym in der Erdbeere nachgewiesen wurde, wurde zunächst versucht, die an der Biosynthese beteiligten Enzyme in den Erdbeerfrüchten nachzuweisen. Dies ist die Grundvoraussetzung um die Enzymtests zu optimieren und in weiterer Folge den Einfluss des Produktionssystems bestimmen zu können.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in einem der international führenden Journale veröffentlicht:

H. Halbwirth, I. Puhl, U. Haas, K. Jezik, D. Treutter and K. Stich

Two-Phase Flavonoid Formation in Developing Strawberry (*Fragaria x ananassa*)  
Fruit

Journal of Agricultural and Food Chemistry: in press

Nachfolgend werden diese Ergebnisse kurz dargestellt:

Folgende Enzyme konnten nachgewiesen werden: Phenylalaninammonialyase (PAL), Chalconsynthase/Chalconisomerase (CHS/CHI), Flavanon 3-hydroxylase (FHT), Dihydroflavonol 4-reduktase (DFR), Flavonol 7-glucosyltransferase (F7GT) und Flavonoid 3-glucosyltransferase (F3GT).

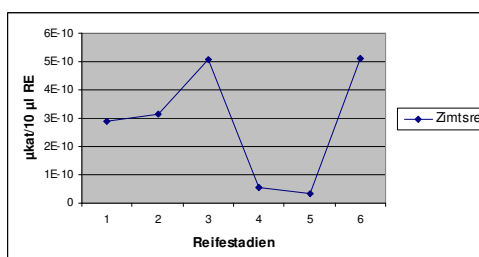
Nachdem die Enzyme nachgewiesen wurden, wurde für eine quantitative Bestimmung der Enzymaktivitäten die Enzymassays optimiert (Abhängigkeit vom pH-Wert, Temperaturoptimum, Abhängigkeit von der Zeit und Menge an Protein, etc).

Anschließend wurde der Verlauf der Flavonoid-Biosynthese in Abhängigkeit von der Fruchtentwicklung an der Sorte „Elsanta“ untersucht. Sechs Entwicklungsstadien wurden ausgewählt und die Enzymaktivität der wichtigsten an der Flavonoid-Biosynthese beteiligten Enzyme (PAL, CHS/CHI, FHT, DFR) sowie der Gehalt an sekundären Inhaltsstoffen in jedem Entwicklungsstadium bestimmt. Abbildung 17 zeigt die sechs Entwicklungsstadien.

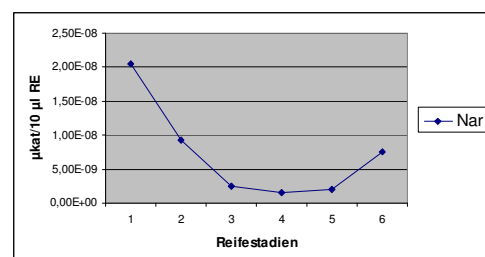
Abbildung 17



Nachfolgend werden die Ergebnisse der enzymatischen Untersuchungen gezeigt. Verlauf der Enzymaktivitäten in Abhängigkeit von der Fruchtentwicklung (Abbildung 7) bezogen auf 10 µl Rohextrakt (Frischgewicht)

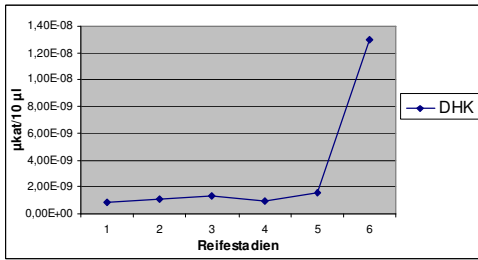


PAL

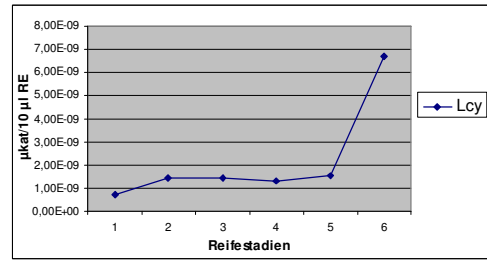


CHS/CHI

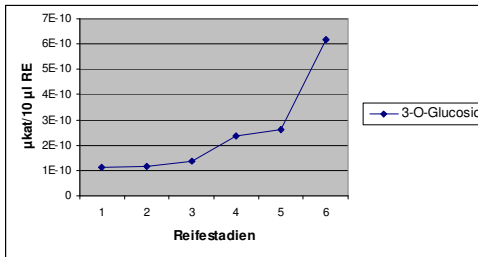




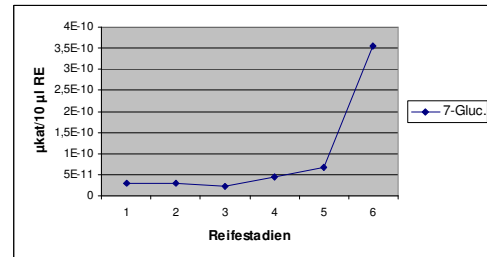
FHT



DFR



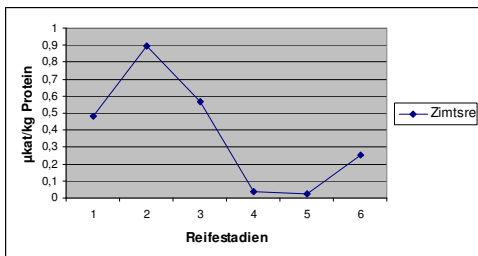
F3GT



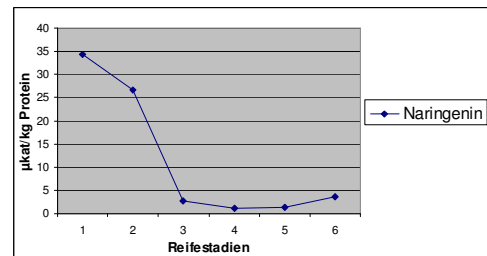
F7GT

Abbildung 18

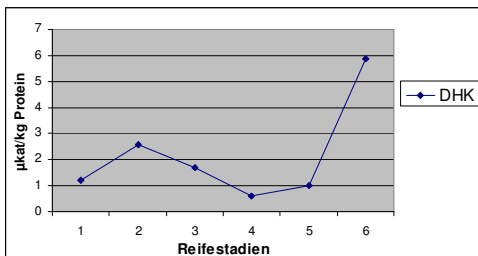
Verlauf der Enzymaktivitäten in Abhängigkeit von der Fruchtentwicklung (Abbildung 19) bezogen auf Protein (Spezifische Aktivität)



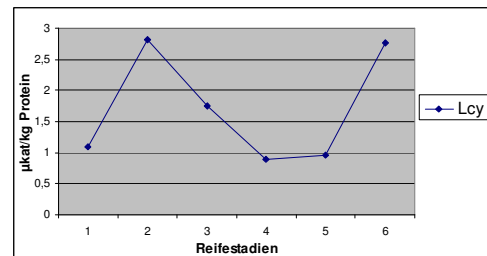
PAL



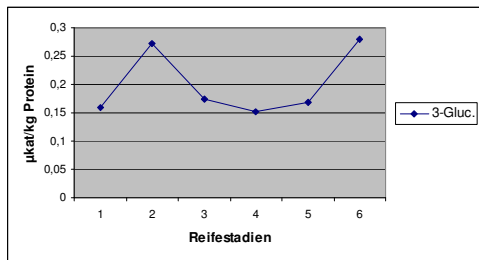
CHS/CHI



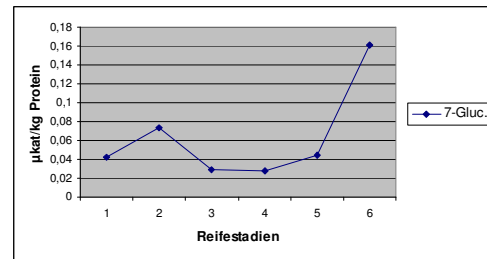
FHT



DFR



F3GT

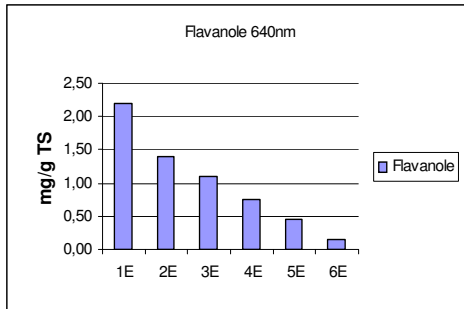


F7GT

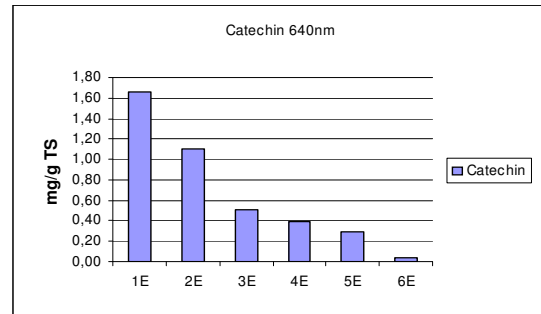
Abbildung 19

Die unmittelbaren Vorstufen der Flavan 3-ole sind die Leucoanthocyanidine. Betrachtet man den Verlauf der spezifischen Aktivitäten der für die Biosynthese der Leucoanthocyanidine verantwortlichen Enzyme (PAL, CHS/CHI, FHT und DFR) so fällt auf, dass alle Enzyme bis auf die CHS/CHI ihr erstes Maximum im Entwicklungsstadium 2 aufweisen. Die spez. Aktivität der CHS/CHI ist in den frühen Stadien ebenfalls sehr hoch. Minimale spezifische Aktivitäten sind im Entwicklungsstadium 4 zu beobachten. Daraus kann geschlossen werden, dass in den frühen Stadien ausschließlich die Biosynthese der Flavan 3-ole erfolgt und dass im Stadium 4 die Biosynthese dieser Flavonoide beendet wird. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der Inhaltsstoffanalyse.

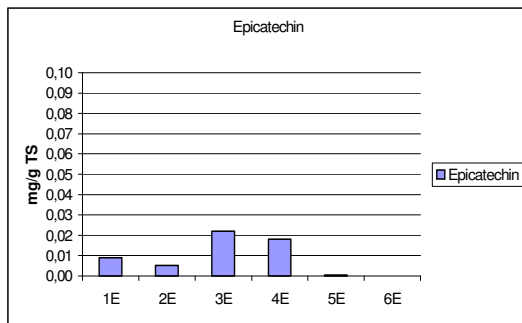
Abbildung 20 zeigt die Ergebnisse der Inhaltsstoffanalyse



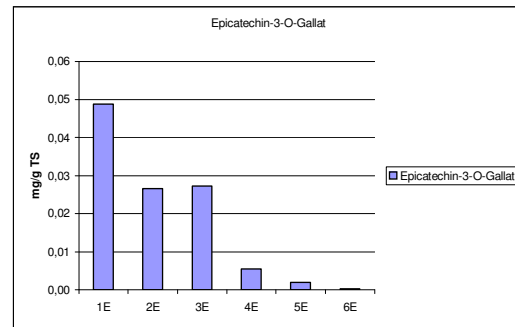
Summe der Flavan 3-ole



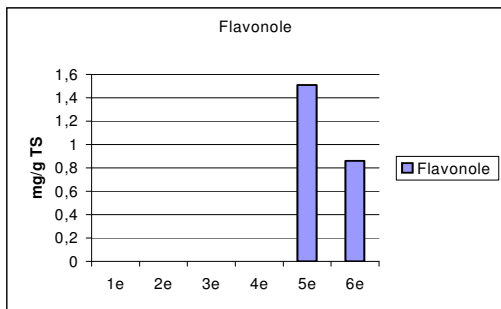
Catechin



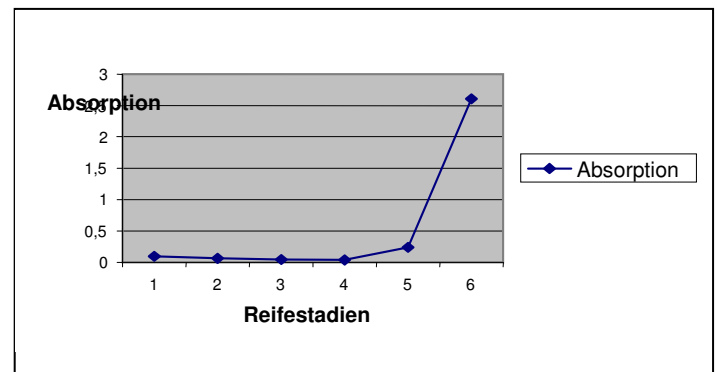
Epicatechin



Epicatechin 3-gallat



Flavonole



Anthocyane

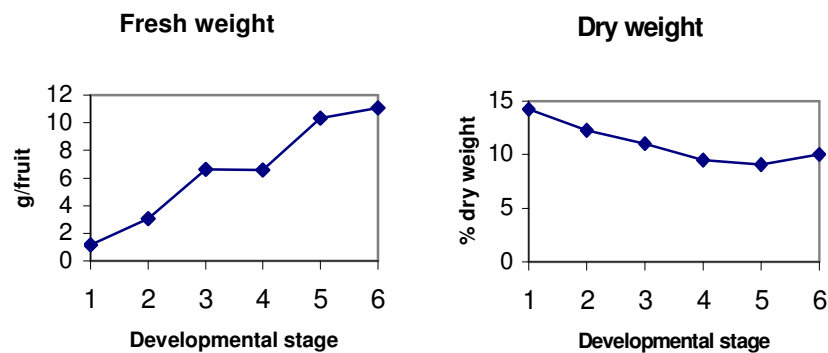
Abbildung 20

Die Ergebnissen der Inhaltsstoffanalysen bezogen auf Trockensubstanz zeigen eindeutig, dass die Bildung der Flavan 3-ole (Catechin, Epicatechin und Proanthocyanidine) in den frühen Entwicklungsstadien erfolgt. Mengenmäßig ist der

Gehalt im ersten Stadium am größten und nimmt während der weiteren Fruchtentwicklung kontinuierlich ab. Im Gegensatz dazu weisen die an der Biosynthese dieser Inhaltsstoffe beteiligten Enzyme ein Maximum der spezifischen Aktivität im Stadium 2, lediglich die CHS/CHI haben ihre höchste spezifische Aktivitäten im Stadium 1.

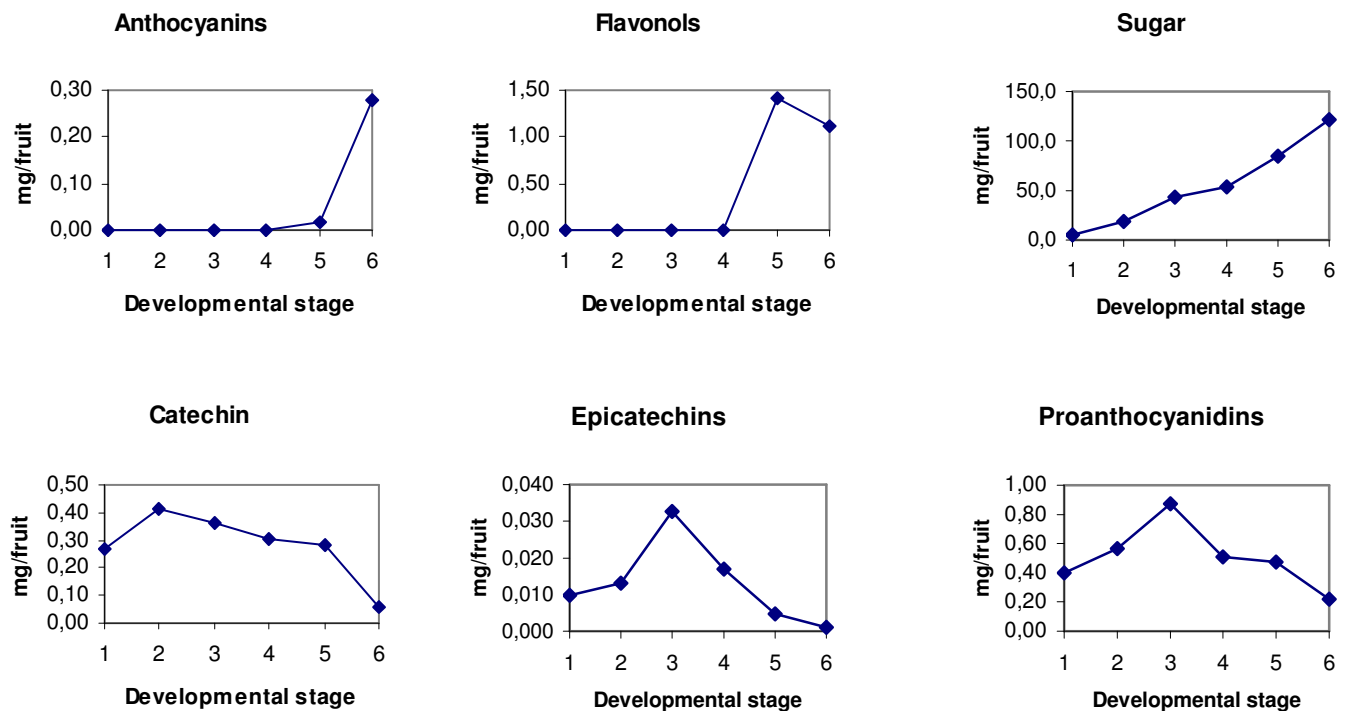
Berechnet man hingegen den Gesamtgehalt der in den Früchten vorhandenen Inhaltsstoffe in Abhängigkeit vom Reifegrad, so erhält man folgendes Bild (Abbildung 21 und 22).

Abbildung 21



Aufgrund der Zunahme der spezifischen Aktivitäten in den frühen Entwicklungsstadien (Stadium 1 und 2) kommt es einerseits bei den Flavan 3-olen (Catechin, Epicatechin und Proanthocyanidinen) zur Produktakkumulation, andererseits tritt ein Verdünnungseffekt durch das Wachstum der Frucht ein. Insgesamt nimmt aber die Gesamtmenge an gebildeten Catechin, Epicatechin und Proanthocyanidinen in den frühen Entwicklungsstadien zu und die maximale Produktakkumulation wird im Stadium 2 bzw. Stadium 3 erreicht.

Abbildung 22

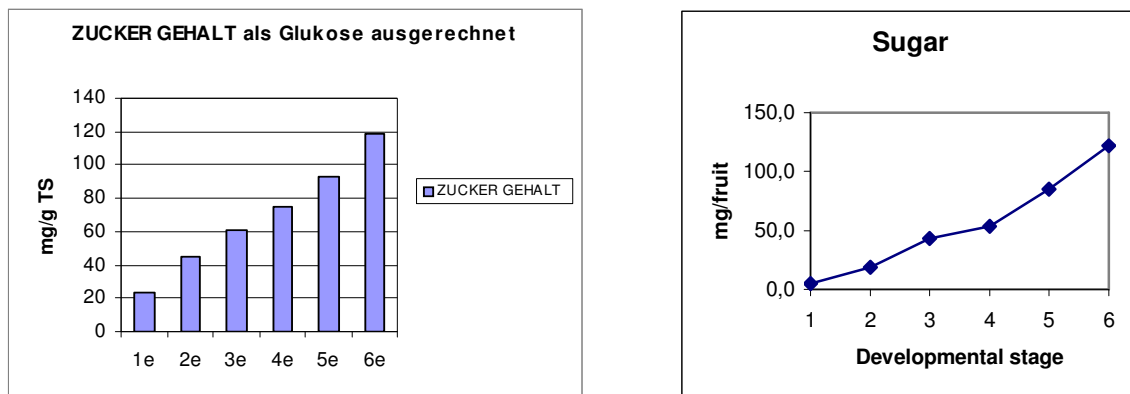


Die nachfolgende Abnahme dieser Inhaltsstoffe kommt einerseits dadurch zustande, dass die Biosynthese dieser Inhaltsstoffe nur in den frühen Entwicklungsstadien erfolgt und in den späteren Stadien rasch abnimmt, andererseits dass es durch die Vergrößerung der Früchte zu einer Zunahme des Volumens bei gleich bleibender bzw. sinkender Menge an Flavan 3-olen kommt. Dadurch kommt es zu einer Verminderung der Konzentration.

In Bezug auf den Befall der Erdbeeren mit *Botrytis cinerea*, dem Erreger des Grauschimmels, ist diese Beobachtung von Interesse. Die Infektion erfolgt bereits während der Blüte. Nachdem der Pilz eingedrungen ist, verharrt er zunächst in einem Ruhezustand. Erst in den reifen Erdbeeren kommt es bei entsprechenden Wetterverhältnissen zum Ausbruch der Krankheit. Wie aus der Literatur bekannt ist, hemmen die Flavan 3-ole das Pilzwachstum. Aufgrund der Tatsache, dass im Entwicklungsstadium 1 die höchste Konzentration an Flavan 3-olen vorhanden ist

und die Konzentration im weiteren Verlauf der Fruchtentwicklung stetig abnimmt, wird auch klar, wieso der Pilz zunächst in seiner Entwicklung verharrt. Erst durch die Beendigung der Flavan 3-ol-Biosynthese bei gleichzeitiger Verdünnung infolge der Zunahme an Fruchtvolumen kommt es zu einer Aufhebung des Hemmeffekts, und der Pilz kann sich in den Beeren entwickeln. Dazu kommt noch, dass die Bildung von Zucker, der ein optimales Nährmedium für den Pilz darstellt, mit zunehmender Fruchtentwicklung zunimmt (Abbildung 23).

Abbildung 23



Interessant ist, dass in den frühen Entwicklungsstadien keine Flavonole gebildet werden und diese erst mit dem Einsetzen der ersten Rotfärbung, d. h. dem Einsetzen der Anthocyan-Biosynthese, in großer Menge gebildet werden. Dies ist ein Hinweis auf die Funktion dieser Verbindungsgruppe. Da die Anthocyane empfindlich auf Hydroxylionen ( $\text{OH}^-$ ) sind, erfolgt eine Stabilisierung der Anthocyane durch Stapelbildung mit den gebildeten Flavonolglucosiden (intermolekulare Copigmentierung). Die Bildung der Flavonole in der Erdbeere ist aber auch von Interesse für die menschliche Ernährung, da vor allem Quercetin antikanzerogene und andere gesundheitsfördernde Eigenschaften besitzt.

Die Ausfärbung der Früchte beginnt im Stadium 4 und findet verstärkt im Stadium 5 und 6 statt. Auch bei der Biosynthese der Anthocyanidine sind, wie bei der Biosynthese der Catechine, die Leucoanthocyanidine die unmittelbaren Vorstufen, nur werden bei der Anthocyanidin-Bildung die Leucoanthocyanidine katalysiert durch

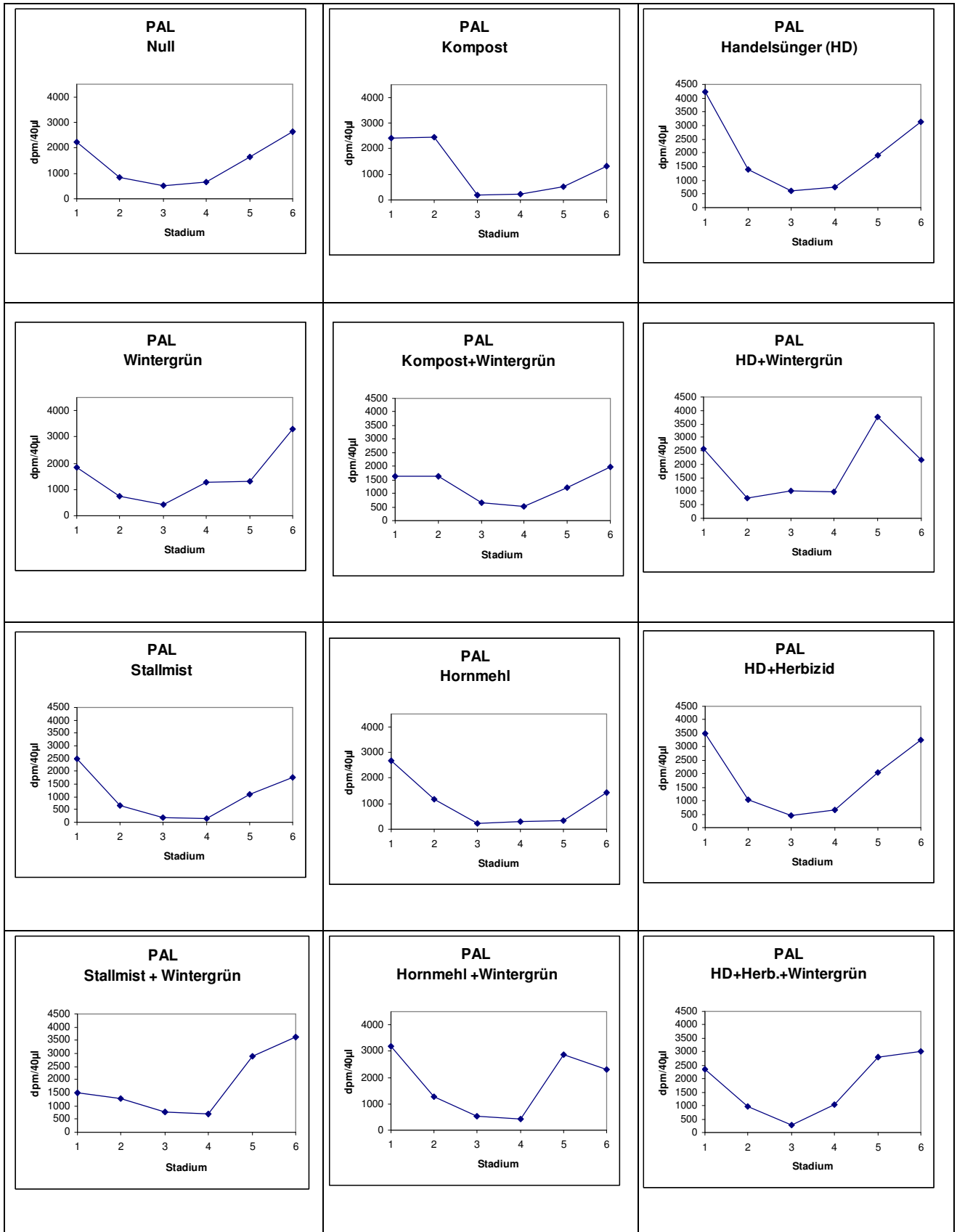
die Anthocyanidinsynthase (ANS) oxidiert, während sie bei der Catechin-Bildung katalysiert durch die Leucoanthocyanidinreduktase (LAR) zum Catechin reduziert werden. Betrachtet man den Aktivitätsverlauf der an der Leucoanthocyanidin-Biosynthese beteiligten Enzyme, so fällt auf, dass alle an der Biosynthese beteiligten Enzyme, nachdem sie im Entwicklungsstadium 4 ihr Minimum erreicht haben, erneut stark ansteigen. Dieser zum Teil starke Anstieg der Enzymaktivitäten korreliert mit der Akkumulation der Flavonole und Anthocyane und ist daher mit der Bildung der roten Fruchtpigmente zu erklären.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, dass der zweigipfelige Verlauf der Enzymaktivitäten dahingehend interpretiert werden kann, dass der frühe An- und Abstieg der Enzymaktivitäten die Catechin-, Epicatechin- und Proanthocyanidin-Biosynthese repräsentiert, während der nachfolgende Anstieg die Biosynthese der Pigmente und Copigmente repräsentiert.

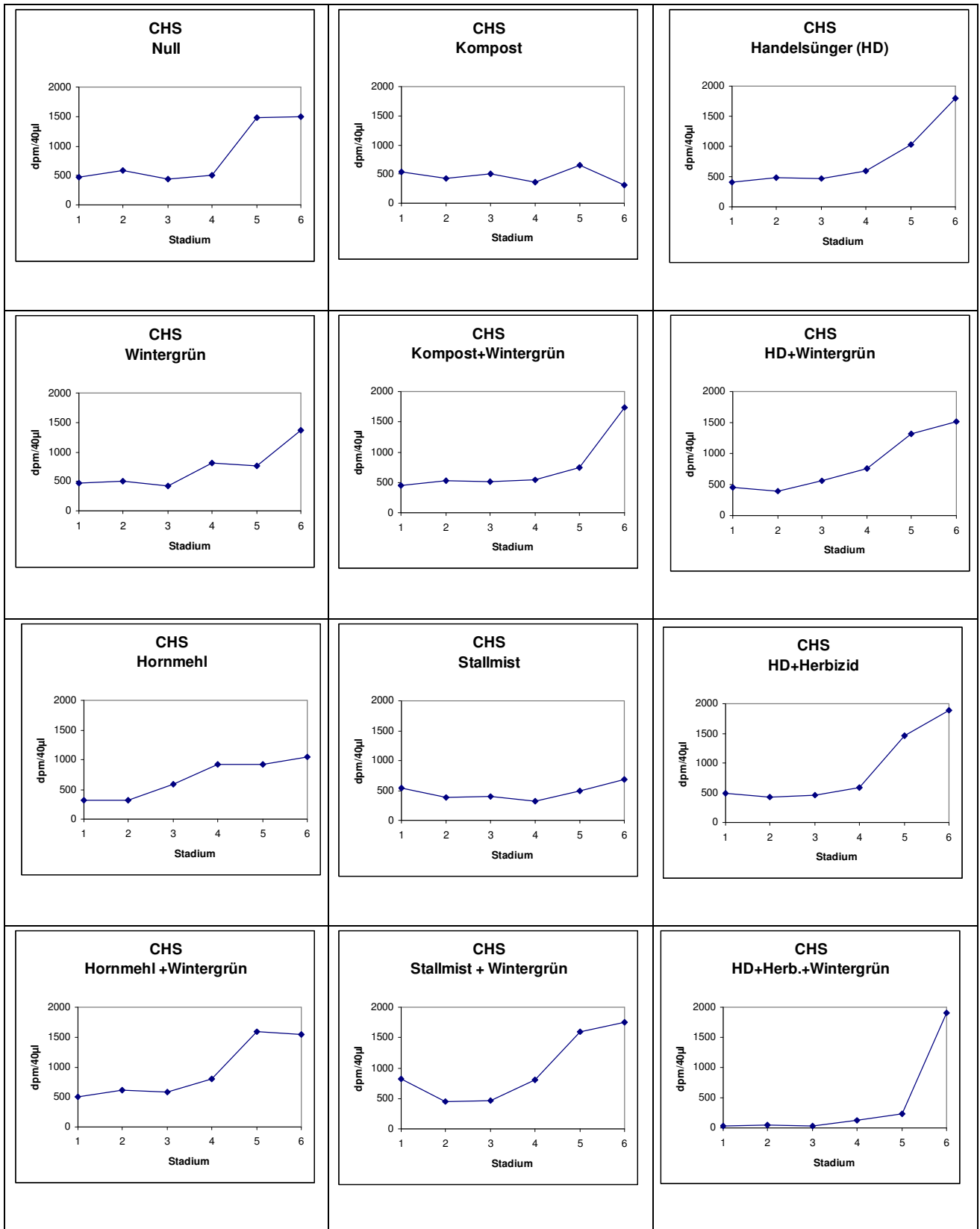
Im Anschluss an diese grundlegenden Untersuchungen wurde der Einfluss der verschiedenen Produktionssysteme auf die Biosynthese der Flavonoide untersucht. Wie bereits erwähnt wurde, üben vor allem die Düngung, aber auch andere Umweltparameter, einen großen Einfluss auf die Bildung der Flavonoide aus. Dadurch kann es zu einer Beeinflussung der Krankheitsresistenz sowie zu einer Veränderung des Gehalts an gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen kommen.

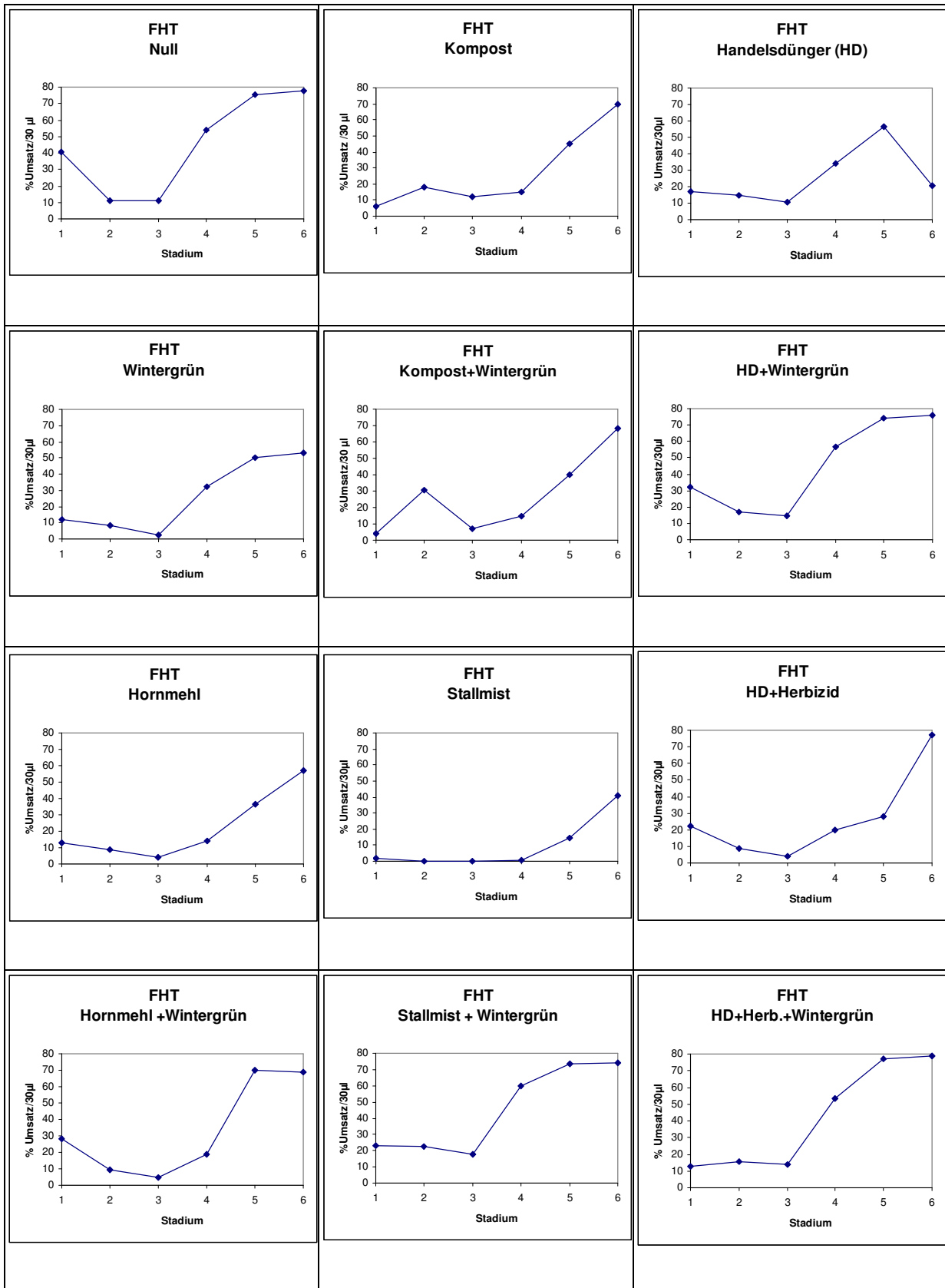
In den nachfolgenden Abbildungen (Abb. 24) wird der Einfluss des Produktionssystems auf die Flavonoid-Biosynthese gezeigt.

Abbildung 24









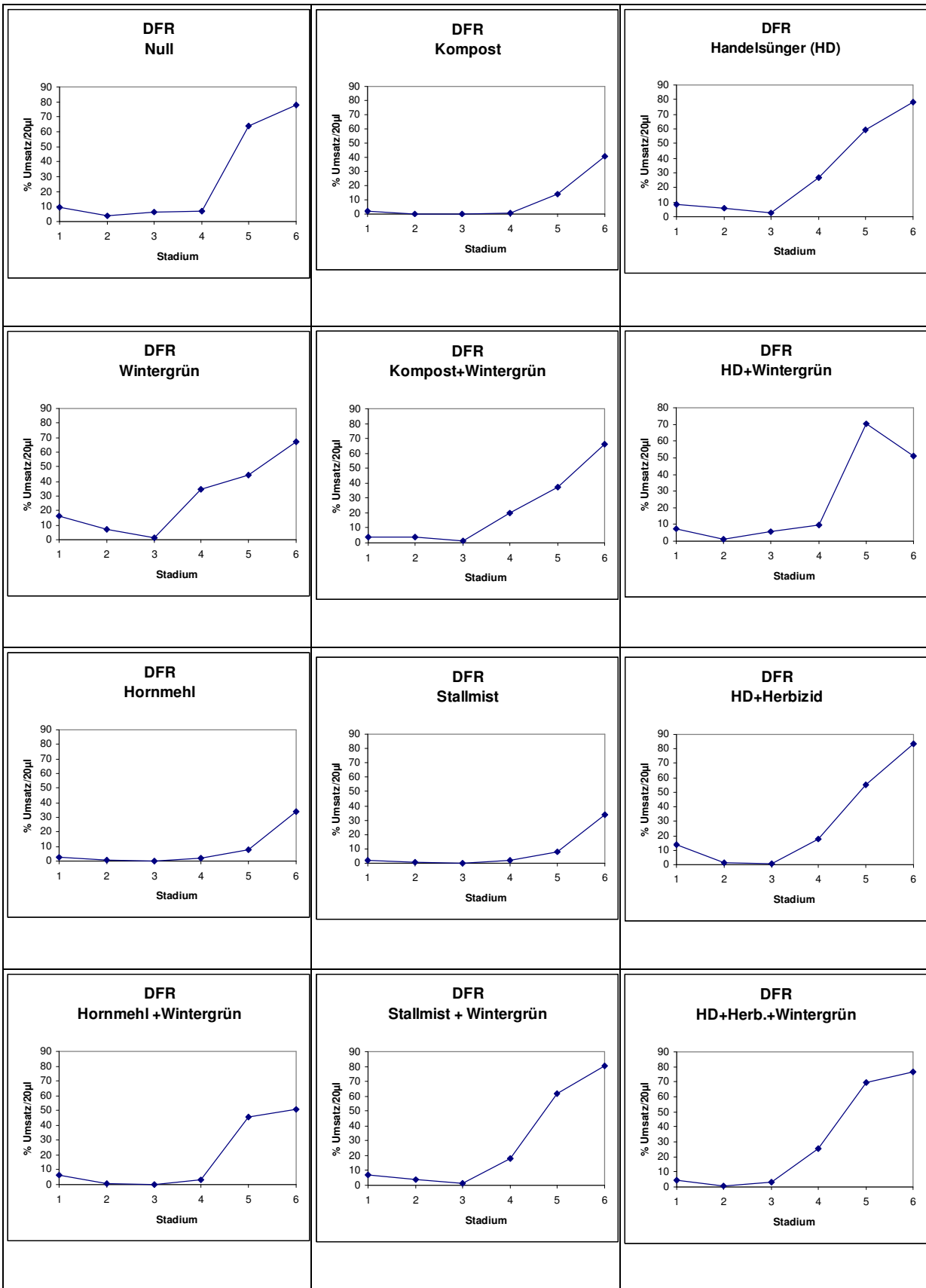
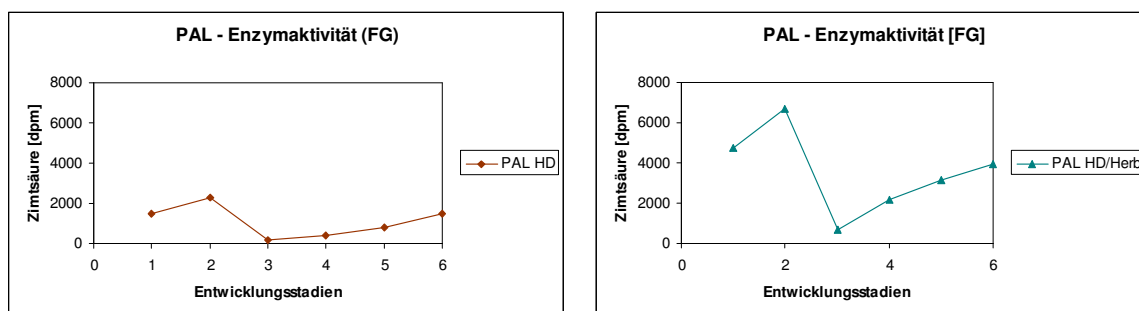
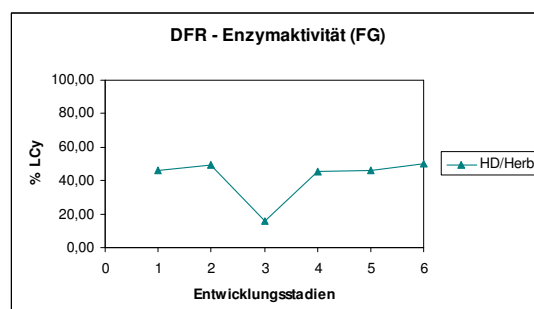
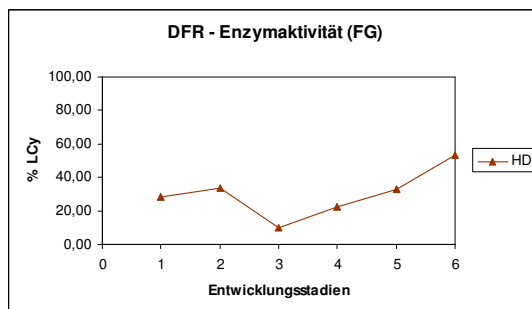
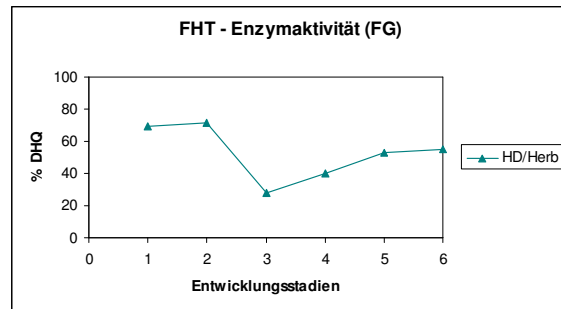
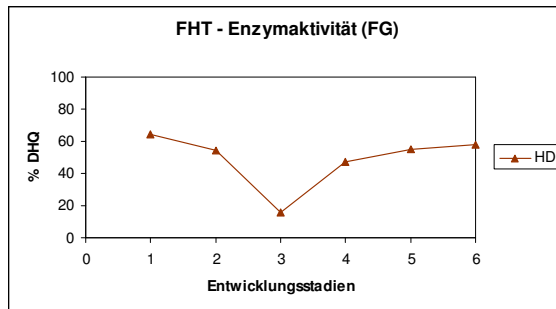
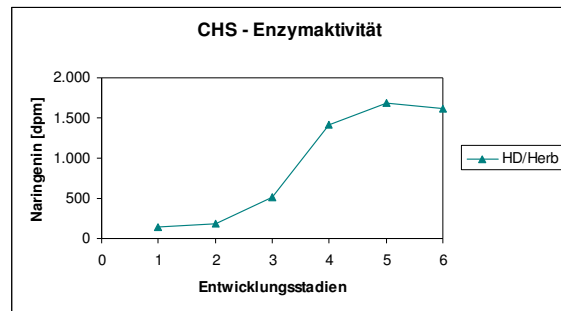
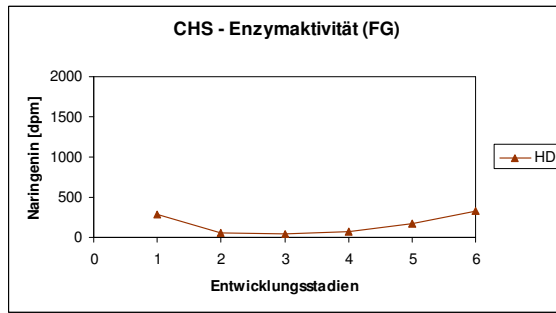


Abbildung 24 zeigt den Verlauf der Enzymaktivität der an der Flavonoid-Biosynthese beteiligten Enzyme in den einzelnen Düngevarianten in Abhängigkeit von der Fruchtentwicklung. Wie man auf den ersten Blick erkennen kann, hat das Produktionssystem einen deutlichen Einfluss auf den Verlauf der Enzymaktivitäten. Die höchsten Enzymaktivitäten sind im Stadium 6 (reife Früchte) zu beobachten. Dies hängt mit der Biosynthese der Anthocyane zusammen. Aber auch in den frühen Entwicklungsstadien sind zum Teil beachtliche Enzymaktivitäten zu beobachten.

Besonders bemerkenswert ist das Produktionssystem Handelsdünger mit Herbizidbehandlung (Abbildung 25). Hier führte die im Jahr 2004 durchgeführte Herbizidbehandlung zu einer starken Induktion der beiden Schlüsselenzyme PAL und CHS/CHI. Dieser Effekt ist im Folgejahr 2005, in der keine weitere Herbizidbehandlung erfolgte, wie in der Abbildung 24 dargestellt, nicht mehr gegeben. Die Induktion der PAL und der CHS/CH ist daher auf die erfolgte Herbizidbehandlung zurückzuführen und lässt die berechnete Hoffnung zu, dass auch andere Agentien, wie Pflanzenstärkungsmittel, die an der Biosynthese der Flavonoide beteiligten Enzyme induzieren können und durch die damit verbundene Akkumulation der phenolischen Inhaltsstoffe zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Pathogene beitragen.

Abbildung 25





Einfluss der Herbizid-Behandlung beim Produktionssystem Handelsdünger: Verlauf der Enzymaktivität (bezogen auf Frischgewicht) in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium nach erfolgter Herbizid-Behandlung (2004)

### Schlussfolgerungen zu den Fragestellungen zu Projektteil 3

In Bezug auf den Ertrag brachte der Düngereinsatz in diesem Versuch keine wesentlichen Steigerungen. Der tiefgründige Tschernosemboden und die damit verbundene gute Nährstoffnachlieferung auf dem Standort dürfte dafür ausschlaggebend gewesen sein, dass auch in der ungedüngten Kontrolle keine merklichen Ertragseinbußen im Vergleich zu den gedüngten Parzellen zu beobachten waren. In den konventionell behandelten Varianten waren aber, wohl aufgrund des Fungizideinsatzes, etwas höhere Anteile an vermarktbarer Früchten, ein signifikant geringerer Anteil an *Botrytis*-Früchten und weniger *Verticillium*-

Symptome an den Pflanzen nach der Ernte im 2. Jahr im Vergleich zu allen unbehandelten Parzellen zu beobachten. In allen Versuchsvarianten ohne direkte Pflanzenschutzmaßnahmen konnten dennoch vergleichbare Erträge wie in den mit Fungiziden behandelten konventionellen Varianten erzielt werden. Nur die Varianten mit Grünschnitt- und Stallmistkompost wiesen 2005 einen signifikant geringeren Anteil an vermarktbareren Früchten auf als die konventionelle Variante ohne Herbizid. Zur Ernte lag die Fruchtfestigkeit in den mit Hornspänen und Stallmistkompost gedüngten Parzellen signifikant höher als in beiden konventionellen Varianten. Einen signifikant höheren Vitamin C-Gehalt zur Ernte wiesen die ungedüngte Kontrolle sowie wiederum die mit Hornspänen und Stallmistkompost gedüngten Parzellen im Vergleich zur konventionellen Variante ohne Herbizid auf. Die Früchte aus den ungedüngten Parzellen wiesen nach 12-tägiger Lagerung die niedrigsten Gewichtverluste, die höchste Fruchtfestigkeit und die höchsten Vitamin C-Werte von allen Varianten auf. Dies lässt zumindest auf diesem tiefgründigen Standort den Schluss zu, dass eine Stickstoffdüngung bei Erdbeeren die Fruchtqualität bei längerer Lagerung nachteilig beeinflussen kann.

Die erwartete Reduktion von *Verticillium* durch eine Verbesserung des Bodenlebens und damit eine Sanierung *Verticillium*-belasteter Flächen konnte mit den verwendeten Komposten, wie auch mit dem organischen Handelsdünger (Hornspäne), in diesem Versuch nicht ausreichend erfolgen.

Allerdings ist die im Jahr 2004 gemachte Beobachtung, dass es zu einer Induktion der an der Flavonoid-Biosynthese beteiligten Enzyme nach erfolgter Herbizid-Behandlung kommt, von Interesse. Diese Beobachtung gibt berechtigte Hoffnung, dass die Anwendung von Agentien, wie Pflanzenstärkungsmittel, aufgrund der Induktion des Flavonoid-Biosynthesewegs zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Pathogene führen könnte.

## Literatur

Harris D. C. and Yang J. R. (1996)

The relationship between the amount of *Verticillium dahliae* in soil and the incidence of strawberry wilt as a basis for disease risk prediction.

Plant pathology 45: 106 - 114

Hoffmann, M. (1991)

Elektro-chemische Methoden zur Differenzierung von Lebensmitteln, In: Meier-Ploeger, A. und Vogtmann, H.: Lebensmittelqualität – Ganzheitliche Methoden und Konzepte. – Karlsruhe: Müller, pp. 67-112

Kirkegaard J. A. and Sarwar M. (1998)

Biofumigation potential of brassicas. Part I-III

Plant and soil. 201: 71 - 112

Manici L. (2000)

Soilborne pathogen control.

Horticulture Biofumigation update, No 12. November 2000

Meier-Ploeger, A. und Vogtmann, H. (1991): Lebensmittelqualität – Ganzheitliche Methoden und Konzepte. – Karlsruhe: Müller, 1991

## **Veröffentlichungen der Projektergebnisse (Publikationen und Tagungsbeiträge)**

### **Veröffentlichungen**

H. Halbwirth, I. Puhl, U. Haas, K. Jezik, D. Treutter and K. Stich  
Two-Phase Flavonoid Formation in Developing Strawberry (*Fragaria x ananassa*)  
Fruit  
Journal of Agricultural and Food Chemistry: in press

### **Tagungsbeiträge**

Halbwirth H., Puhl I., Gosch C., Miosic S., Pieber S., Treutter D., Olbricht K., Hanke V. and Stich K. (2005)  
Flavonoidbiosynthese in verschiedenen Erdbeersorten und –arten  
Tagungsband 5. Symposium Phytomedizin und Pflanzenschutz im Gartenbau,  
19. - 22. 9. 2005, pp. 93 – 94

Halbwirth H., Puhl I., Gosch C., Haas U., Jezik K., Treutter D. and Stich K. (2005)  
Einfluss von Kultivierungsmethoden auf die Flavonoidbiosynthese in Erdbeeren  
(*Fragaria x ananassa*)  
Tagungsband 5. Symposium Phytomedizin und Pflanzenschutz im Gartenbau,  
19. - 22. 9. 2005, pp. 95 – 96

Spornberger A., Steffek R., Altenburger J., Hain E., Fertsak S. (2005)  
Einfluss unterschiedlicher Produktionssysteme auf Feldparameter bei Erdbeeren.  
Tagungsband 5. Symposium Phytomedizin und Pflanzenschutz im Gartenbau,  
19. - 22. 9. 2005, pp. 99-100

Spornberger, A., Steffek, R., Stich, K., Jezik, K., Scheiblaue, J., Altenburger J.,  
Halbwirth, H., Gosch, C. (2006)



Possible solutions for replant problems caused by soil-borne pathogens in strawberry production.

Wissenschaftstagung zum ökologischen Obstbau, 31. 1.- 2. 2. 2006 in Weinsberg (Tagungsband in Druck).

## **Veranstaltungen in denen die Projektergebnisse Beratern und Praktikern vorgestellt wurden**

Österreichischen Beerenobstfachtage in der Obstbaufachschule, Gleisdorf, 1. 12. 2005, Erdbeerefachtag

Fachtagung der Erdbeerproduzenten Oberösterreichs, Leonding, 7. 2. 2006

Projektbesprechung mit Obstbauberatern und Erdbeeranbauern, AGES, 4. 10. 2005