



Universität für Bodenkultur Wien

## Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Abteilung Gartenbau / Abteilung Wein- und Obstbau

BetreuerInnen: O.Univ.Prof. Dr. **KAROLINE JEZIK**  
Ass.Prof. Dr. **ANDREAS SPORNBERGER**  
Ao.Univ.Prof. Dr. **KARL STICH**

**ERDBEERSORTEN FÜR DEN ANBAU IN OSTÖSTERREICH  
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON  
WURZELKRANKHEITEN UND DER BIOLOGISCHEN  
PRODUKTIONSWEISE**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
an der Universität für Bodenkultur Wien

Eingereicht von  
Dipl.-Ing. **HELENE WEISSINGER**

Wien, April 2013

## Danksagung

Als erstes möchte ich meinem Chef und Betreuer Andreas Spornberger herzlich danken. Du hast mir mit vielen guten Gesprächen, Ratschlägen und fachlichem Wissen immer wieder weitergeholfen. Das Arbeiten mit und neben dir macht mir Freude.

Danke an meine Betreuerin Karoline Jezik, für deine Bereitschaft, die Arbeit zu betreuen und in deiner Pension als Prüferin zur Verfügung zu stehen.

Danke an meinen Betreuer Karl Stich, für deine Unkompliziertheit und kollegiale Art, ich habe das sehr geschätzt. Das seichte Eintauchen in die Welt der Biochemie hat mir sicher nicht geschadet.

Danke an Robert Steffek und Josef Altenburger, es war interessant mit euch in die Erdbeermaterie einzusteigen, und gemeinsam die Betriebe zu besuchen.

Danke an Ravi Eggbauer und Isabella Steiner für eure Diplomarbeiten, deren Ergebnisse ich zum Teil für meine Dissertation verwendet habe.

Danke sage ich auch den (ehemaligen) Gärtnerinnen und Gärtnern im Versuchsgarten Jedlersdorf, dass ihr mit mir gejätet, geerntet und mich beraten habt: Marianne Hiegesberger, Béla Halmagyi und Elisabeth Gruber. Ich danke auch allen anderen Erntehelferinnen und Erntehelfern.

Zu guter Letzt möchte ich dem BMLFUW für die finanzielle Unterstützung des Projekts „Entwicklung verschiedener Strategien zur Lösung von Problemen mit bodenbürtigen Schaderregern im Gartenbau am Beispiel der Modellkultur Erdbeere“ danken, innerhalb dessen der Großteil dieser Arbeit entstanden ist.

## Vorwort

Das Arbeiten an der Dissertation war sicher keine „gmahte Wiesn“, sondern geprägt von Hin- und herüberlegen, Ausprobieren, Daten sammeln und teilweise verwerfen, Neues beginnen. Vom ersten Arbeitsplan im Jahr 2008 ist nicht viel übriggeblieben. An Stelle des ursprünglichen Themas „Einsatz von kommerziellem AMP-Inokulum (AMP=arbuskuläre Mykorrhizapilze) und anderen mikrobiellen Pflanzenstärkungsmitteln im Erdbeeranbau“ widmete ich mich schließlich dem Themenkomplex „Erdbeersorten für den Anbau in Ostösterreich unter besonderer Berücksichtigung von Wurzelkrankheiten und der biologischen Produktionsweise“, womit ich mich schon in meiner Diplomarbeit und innerhalb eines Forschungsprojekts in den letzten Jahren beschäftigt habe.

Beim Schreiben war ich immer wieder mit den Fragen konfrontiert: „Was weiß ich? Was weiß ich nicht? Wie kann ich das, was ich glaube zu wissen, möglichst klar formulieren?“ Dazu will ich ein Zitat eines Seminaarausgangs von Maria Nicolini anführen, einer Sprachwissenschaftlerin, von der ich ein Seminar besucht habe. Sie lehrt, genau auf jedes Wort zu achten, auf seine Bedeutung und Stellung im Satz – mit dem Ziel der größtmöglichen Klarheit. Und sie wirft gleichzeitig die Frage auf: Wie klar kann man einen Satz, einen Absatz, einen Artikel (oder eine Dissertation) schreiben, wenn man sich über so vieles selbst nicht im Klaren ist, da man ja nur vermuten, ahnen kann? Dazu meint sie:

*„Wir müssen wahre Sätze finden – ein Parcours im Vergnügen(?) des wissenschaftlichen Sprachgebrauchs“ – so ein Titel einer ihrer Veranstaltungen. Und weiter: „Wahre Sätze finden – was bedeutet ein solcher Anspruch für die Wissenschaft, ist sie doch ein Feld des Zweifels, wo jeder Antwort die neue Ungewissheit folgt. Und ist nicht Wahrheit eine Vorstufe des Krieges? Ist in der Wissenschaft vielleicht der Fragesatz der einzig wahre?“*

Nach den vielen Jahren auf der BOKU sind manche Fragen offen geblieben, die ich mir anfangs gestellt habe. Ich habe gesehen, dass sich nicht alles so einfach erforschen lässt; entweder die Sache ist so komplex dass man sie mit Einzelaspekten nicht fassen kann, oder die Natur schlägt dem Forschergeist ein Schnippchen indem die Pflanze partout nicht krank wird wenn sie sollte oder umgekehrt. Als Fazit: Alles lässt sich nicht planen, aber viel wäre mit einer sorgfältigeren Planung sicher besser gelaufen. Im Nachhinein ist mir bewusst, wie wichtig es ist, sich die Forschungsfragen und die Vorgangsweise, wie man diese beantworten könnte, gut zu überlegen. Dazu hätte ich mehr Hilfe gebraucht; statt meinem Anspruch, möglichst selbstständig zu arbeiten, wäre es gut gewesen, mehr Diskussion im Betreuerteam einzufordern und die Ziele und Ergebnisse der Arbeit immer wieder gemeinsam zu reflektieren. Ich habe dann zu mehreren Themen gearbeitet, teilweise mit weniger Tiefgang als nötig ist, um den komplexen Fragestellungen gerecht zu werden, wodurch ich viele meiner Ergebnisse nicht leicht oder gar nicht publizieren konnte.

Aber ich habe während der letzten Jahre nicht nur an Erdbeeren gedacht: Neben der Arbeit mit den Erdbeersorten habe ich während der Zeit in Göttingen, wo ich drei Monate in einem ökologischen Tomatenzüchtungsprogramm mitgearbeitet habe, beim Mitwirken in der Arbeitsgruppe „Bauernparadeiser“ und natürlich in meinem eigenen Gemüsebeet mit Pflanzenvielfalt zu tun gehabt. Ich bin überzeugt, dass wir eine große Vielfalt an gut schmeckenden und robusten Pflanzenarten und -sorten und generell qualitativ wertvolle Lebensmittel und eine intakte Umwelt brauchen, um gut leben zu können. Dazu brauchen wir Menschen die bereit sind dafür zu arbeiten bzw. einen gerechten Preis dafür zu zahlen, und ein gesellschaftliches Leitbild einer regionalen und biologischen Landwirtschaft das diese Vielfalt fördert.

Ich wünsche mir und vielen anderen, dass wir unseren Weg finden, dazu beizutragen.

## Zusammenfassung

Die Erdbeere (*Fragaria x ananassa*) ist eine heikle Kulturpflanze, die anfällig für verschiedenste Wurzel-, Blatt- und Fruchtkrankheiten ist, und einen hohen Aufwand für die Unkrautkontrolle erfordert, was vor allem den biologischen Anbau erschwert. Zudem kommt es vielerorts auf Grund einer zu engen Fruchtfolge in Kombination mit einem großen Wirtspflanzenkreis mancher Wurzelpathogene und deren langjähriger Überdauerung im Boden zu hohen Ertrags- und Pflanzenausfällen.

Ein Ziel dieser Arbeit war es, marktgängige sowie neue Erdbeersorten auf unterschiedlichen Standorten in Ostösterreich zu beobachten, und ihre generelle Eignung für den dortigen Anbau sowie im Speziellen für den biologischen Anbau und den Anbau auf Standorten mit hoher Belastung durch bodenbürtige Pathogene festzustellen.

In zwei aufeinanderfolgenden Feldversuchen mit jeweils dreijähriger Standzeit wurden auf mehreren Standorten in Ostösterreich Blatt- und Wurzelkrankheiten bonitiert, mit Hauptfokus auf den pathogenen Bodenpilz *Verticillium dahliae*. Exakte Ertragsauswertungen wurden unter biologischer Bewirtschaftung durchgeführt. Mit den frühreifen Sorten ‚Alba‘, ‚Asia‘, ‚Clery‘ und ‚Daroyal‘ und der spätreifen Sorte ‚Salsa‘ sind sowohl Sorten mit einer mittleren bis hohen Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten als auch geeignete Sorten für den biologischen Anbau aktuell in Österreich erhältlich. Trotz der Verfügbarkeit dieser Sorten ist eine stärker auf den biologischen Anbau ausgerichtete Erdbeerzüchtung nötig, wo die Zuchtziele „hohe Widerstandsfähigkeit gegen Wurzel- und Fruchtfäulen“, „hohe Bodendeckung“ und „guter Geschmack“ Vorrang haben sollten.

Hinsichtlich der Wurzelkrankheiten waren ‚Daroyal‘, ‚Salsa‘ und ‚Asia‘, am robustesten, während ‚Alba‘ und ‚Clery‘ auf manchen Standorten Symptome zeigten. Es wurden starke Wechselwirkungen zwischen Sorte und Standort festgestellt. Der Gehalt an Mikrosklerotien von *V. dahliae* korrelierte nicht mit der Pflanzenvitalität am jeweiligen Standort, weswegen zukünftig eine verbesserte Methodik für die Risikoeinschätzung für *Verticillium*-Welke angewandt werden sollte.

Ein weiteres Ziel der Arbeit war es, die Veränderung von Fruchtqualitätsparametern während der Ernteperiode anhand von fünf frühreifenden Sorten zu untersuchen. Bei den Parametern Fruchtgröße, Gehalt an löslicher Trockensubstanz, Gehalt an titrierbarer Säure und Dissipationswert war der Einfluss des Erntetermins gleich groß wie oder größer als der Einfluss der Sorte. Stark vom Genotyp abhängig waren Formindex, Fruchtfestigkeit und Vitamin C-Gehalt, aber auch diese variierten im Lauf der Ernteperiode. Mit fortschreitender Ernteperiode nahmen Zucker- und Säuregehalt signifikant zu, während das Zucker/Säure-Verhältnis abnahm. Diese Veränderungen im Lauf der Erntesaison sprechen für abgestufte Absatzwege: als Frischware zu Saisonbeginn und als Verarbeitungsware zu Saisonende.

Schlüsselwörter: Erdbeere, Sorten, Fruchtqualität, Wurzelkrankheiten, biologischer Anbau

## Abstract

Strawberry (*Fragaria x ananassa*) is a delicate plant species which is susceptible to numerous root, leaf and fruit diseases and requires much effort for weed control, what makes organic cultivation difficult. Additionally, a narrow crop rotation combined with the large host range and the durability of certain root pathogens can lead to an accumulation of these pathogens in the field and further to high yield and plant losses.

One aim of this work was to assess the suitability of popular and new strawberry cultivars for Eastern Austria, specifically for organic cultivation and for cultivation on sites with a high soil pathogen pressure.

In two consecutive field trials, each being conducted for three years, leaf and root diseases were recorded on several sites in Eastern Austria, with the main focus on the soil-borne pathogenic fungus *Verticillium dahliae*. Exact yield assessments were done under organic management. Cultivars with a medium to high field resistance to root diseases, and suitable for organic production, were identified. Particularly recommendable are the early-ripening cultivars 'Alba', 'Asia', 'Clery' and 'Daroyal' and the late ripening cultivar 'Salsa' which are all currently available in Austria. Despite the disposability of these cultivars there is a need for more organic strawberry breeding programs with the primary breeding targets "high resistance to fruit and root diseases", "high soil cover" and "good taste".

Regarding root diseases, 'Daroyal', 'Salsa' and 'Asia', are most robust, whereas 'Alba' and 'Clery' showed symptoms on some sites. Strong interactions between cultivar and site were observed. The content of microsclerotia of *V. dahliae* did not correlate with the plant vitality on the respective sites. Therefore an improved method for the risk assessment of *Verticillium*-wilt should be used in the future.

Another aim of this work was to examine the change of fruit quality parameters of five early-ripening cultivars during the harvest season. Regarding the parameters fruit weight, content of soluble solids, content of titratable acid, and dissipation value, the influence of the harvest date was as high as or higher than the influence of the cultivar. The parameters firmness, fruit firmness and content of ascorbic acid were highly genotype-dependent, although they also varied during the harvest period. With progressing harvest season, the content of sugars and acids in the fruits increased significantly and the sugar/acid-relation decreased. These changes in fruit quality during the harvest season allow for a differentiation in distribution channels: as fresh fruits at the beginning of the season and for processing at the end of the season.

Keywords: strawberry, cultivars, fruit quality, root diseases, organic production

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1. Der Erdbeeranbau in Österreich .....	7
1.2. Der biologische Erdbeeranbau .....	7
1.3. Bedeutende Krankheiten bei Erdbeeren .....	8
1.3.1. Fruchtkrankheiten.....	8
1.3.2. Blattkrankheiten.....	9
1.3.3. Wurzelkrankheiten.....	9
1.4. Züchtung, Prüfung und Verwendung von Erdbeersorten in Europa.....	11
1.5. Bedeutung der Fruchtqualität bei Erdbeeren .....	12
<b>2. Ziele der Arbeit</b> .....	<b>13</b>
<b>3. Überblick über die Sorten und Standorte der Feldversuche</b> .....	<b>14</b>
<b>4. Publikationen</b> .....	<b>16</b>
Einfluss des Ernteverlaufs auf Fruchtqualitätsparameter von frühreifen Erdbeersorten... ..	17
Evaluation of new strawberry cultivars for their potential use in organic farming and in <i>Verticillium</i> -infested soils .....	31
Yield and fruit quality parameters of new early-ripening strawberry cultivars in organic growing on a highly <i>Verticillium</i> -infested site .....	39
Field resistance of early-ripening strawberry cultivars under different site conditions in Austria .....	45
<b>5. Zusammenfassende Ergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>56</b>
5.1. Charakterisierung der Sorten .....	56
5.2. Eignung der Sorten für Schaderreger-belastete Böden und für den biologischen Anbau .....	62
5.3. Einfluss des Erntetermins auf die Fruchtqualität .....	64
5.4. Resümee und Ausblick .....	66
<b>6. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>67</b>
<b>7. Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>72</b>
<b>8. Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>73</b>
<b>ANHANG</b> .....	<b>74</b>

# 1. Einleitung

## 1.1. Der Erdbeeranbau in Österreich

Zu den beliebtesten Früchten in Österreich zählt die Gartenerdbeere (*Fragaria x ananassa*). Im Jahr 2011 wurden 14.239 t Erdbeeren geerntet, im Vergleich dazu 226.252 t Äpfel (STATISTIK AUSTRIA 2011). Der Erdbeeranbau findet in Österreich größtenteils im Freiland statt, da die Investitionskosten für Glashäuser und Tunnel für die durchschnittlich kleinen Betriebe hoch sind. Der Anbau unter Vlies findet immer mehr Eingang in die Praxis, weil damit frühere Ernten und höhere Erlöse verbunden sind. Die wichtigsten Vermarktungswege bei Beerenobst sind die Direktvermarktung (53 %) - durch Verkaufsstände, Hofläden, das Angebot von Selbstpflücke und den Verkauf von Verarbeitungsprodukten - und die Lieferung an den Einzelhandel (30 %) (STATISTIK AUSTRIA 2008). Viele Betriebe sind kleinstrukturiert, was den notwendigen Flächenwechsel für die Erdbeerproduktion erschwert. Durch die geringen Anbaupausen reichern sich Schaderreger im Boden an. Zudem ist die Erdbeere generell anfällig für viele Krankheiten und aufgrund dessen sowie wegen ihrer geringen Fähigkeit zur Unkrautunterdrückung eine pflegeintensive Kultur. Im konventionellen Anbau werden zahlreiche Fungizid- und Herbizidbehandlungen durchgeführt. Handelsketten reagieren auf den Druck von Umwelt- und KonsumentInnenorganisationen und führen Labels ein, die eine nachhaltigere Produktionsweise auszeichnen sollen. Ziel ist es, konventionelle Betriebe zu einer ökologisch und sozial verträglicheren Produktion hinzuführen, dadurch Pestizidrückstände zu senken und die Glaubwürdigkeit des Images von nachhaltig produzierten und gesunden Erdbeeren zu stärken. Ein Beispiel ist das Pro Planet-Label von REWE in Kooperation mit der Umweltschutzorganisation Global 2000 und der kirchlichen Hilfsorganisation CARITAS, wo neben der Pflanzenschutzintensität noch viele andere Indikatoren wie Stickstoff- und Humusbilanz, Material-, Flächen-, Wasser- und Energieverbrauch bewertet und soziale Standards kontrolliert werden, um danach die identifizierten Schwachstellen aufzulösen (REWE INTERNATIONAL AG 2012).

## 1.2. Der biologische Erdbeeranbau

Die biologische Produktionsweise gilt bei Erdbeeren als schwierig. Besondere Herausforderungen sind die Unkrautkontrolle (zwischen 50 und 500 Stunden Handhacke pro Hektar und Jahr sind zu veranschlagen), die hohe Fäulnisanfälligkeit der Früchte, und aktuell das vermehrte Auftreten des Erdbeerblütenstechers und von Wurzelfäulen (DILLMANN 2010 a, STEEN et al. 2012). Dazu kommt, dass viele direktvermarktende Betriebe wegen der hohen Kundenbindung keinen Anlass sehen, auf biologische Produktion umzusteigen.

In Österreich werden 5,1 % der gesamten Erdbeerfläche biologisch bewirtschaftet. Im Vergleich zu anderen Obstarten ist dieser Anteil gering, bei Äpfeln liegt der Bioanteil bei 10,7 % (AMA 2011). DILLMANN (2010 a) schätzt den Ertrag im biologischen Freilandanbau auf 8-15 t pro Hektar und Jahr, im Vergleich dazu den Ertrag im konventionellen Anbau auf 18 t. Überhaupt müsse man mit großen Ertragsschwankungen rechnen. In einem Schweizer Kalkulationsprogramm für Beerenkulturen (AGRIDEA 2010) wird der Ertrag einer Flachkultur im biologischen Anbau mit 12 t pro Hektar angegeben, der im integrierten Anbau mit 15 t pro Hektar. Der Verkaufspreis für biologische Erdbeeren wird dort mit 140 % vom konventionellen Preis veranschlagt.

Von Seiten der Forschung werden als Lösungsansätze zur Stärkung des biologischen Erdbeeranbaus vor allem die Sortenwahl (SUTER und HÄSELI 2007) und die Züchtung neuer Sorten (BLE 2012), praxistaugliche Regulierungsmaßnahmen gegen Schädlinge und Krankheiten (z.B. angepasste Fruchtfolge, Vliesabdeckung etc.) (STEEN et al. 2012) und die Entwicklung bzw. Anwendungsoptimierung von biologischen Fungiziden und Insektiziden gesehen (SYLLA et al. 2012). Durch neue Wege im Anbau und den verstärkten Wunsch der

KonsumentInnen nach garantiert pestizidrückstandsfreien Früchten könnte der biologische Erdbeeranbau in Zukunft ausgeweitet werden.

### 1.3. Bedeutende Krankheiten bei Erdbeeren

Viele Pathogene können Erdbeeren befallen, was vor allem die biologische Produktion, aber auch den konventionellen Anbau erschwert. Im Folgenden werden die bedeutendsten - vornehmlich pilzliche - Schaderreger vorgestellt.

#### 1.3.1. Fruchtkrankheiten

*Botrytis cinerea* (Abbildung 1a) ist der bedeutendste Krankheitserreger im Erdbeeranbau und verursacht die Graufäule. Die Infektion findet bei ausreichend Feuchtigkeit während der Blüte statt, der Pilz wächst aber erst an der reifenden Frucht. Durch Spritzinfektionen kommt es zu Sekundärbefall, der bei feuchter Witterung und Belassen der kranken Früchte in der Anlage zu sehr hohen Ertragsausfällen führt. Gegen manche Fungizide, die schon lang gegen *Botrytis cinerea* eingesetzt werden, entwickeln sich bereits Resistenzen (WEBER und FRIED 2011). Weitere in Österreich verbreitete Fruchtfäuleerreger sind *Colletotrichum acutatum* (Anthraknose), *Phytophthora cactorum* (Lederfäule) und *Gnomonia* sp. (Gnomonia-Fäule) (Abbildung 1b-d).

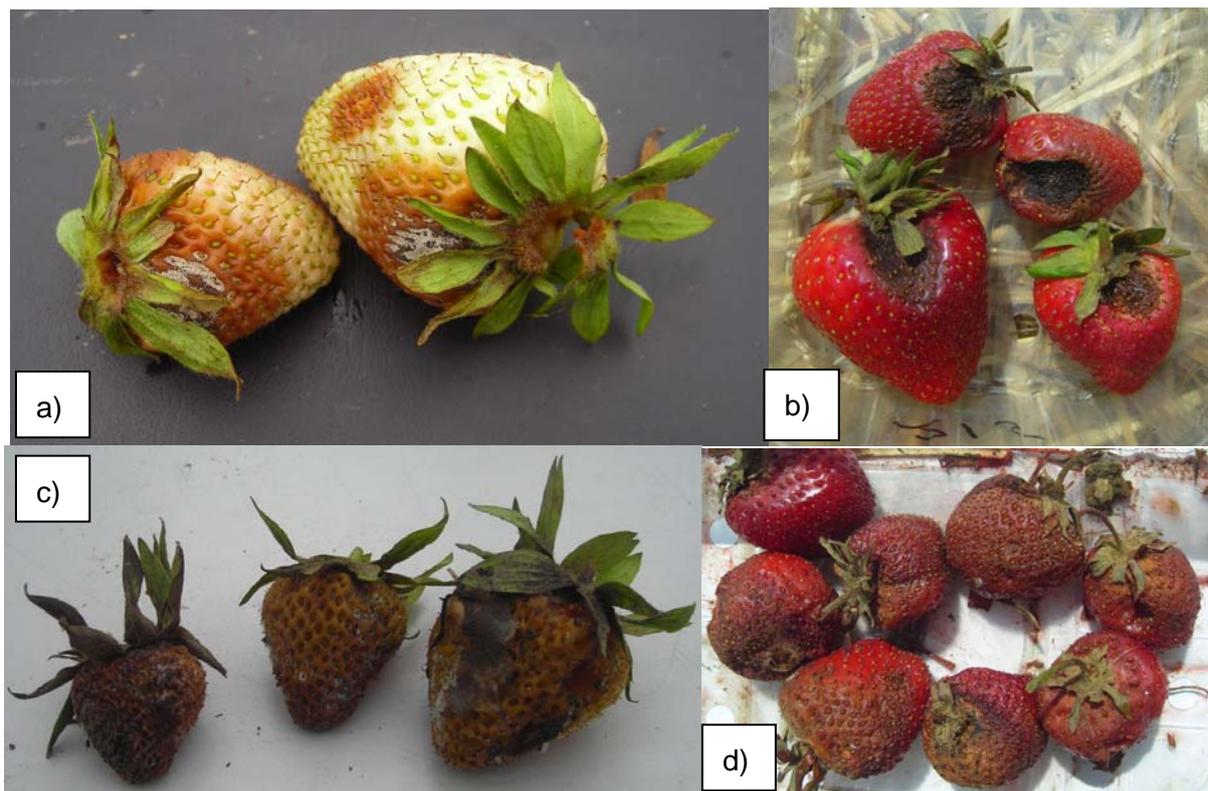


Abbildung 1: Bedeutende Fruchtfäuleerreger: a) *Botrytis cinerea* b) *Colletotrichum acutatum*  
c) *Phytophthora cactorum* d) *Gnomonia* sp.

Die Unterschiede in der Anfälligkeit verschiedener Sorten für Fruchtfäulen sind groß und wurden in zahlreichen Versuchen belegt. Eine völlig pilzresistente Sorte gibt es jedoch nicht. Maßnahmen, die das Ausmaß von Fruchtfäulen vermindern, sind das Entfernen von dürrer Laub im Frühling und von befallenen Früchten während der Ernte, das Auftragen von Strohmulch vor der Ernte sowie die Sortenwahl (SCHMID 2003). Für den biologischen Anbau sind bisher keine Pflanzenschutzmittel zugelassen. Produkte wie Gesteinsmehle, Carbonate,

Pflanzenextrakte, mikrobielle Antagonisten und homöopathische Produkte sind derzeit in Österreich als Pflanzenhilfsmittel registriert. Gute Erfolge gab es bereits mit dem Hefepilz *Aureobasidium pullulans* (WEISS et al. 2012), der mit dem Pathogen in Konkurrenz um Platz und Nährstoffe tritt und in Österreich mit dem Produkt Boni Protect forte für Erdbeeren, Steinobst und Zierpflanzen als Pflanzenhilfsmittel gelistet ist.

### 1.3.2. Blattkrankheiten

Blattkrankheiten wie der Echte Mehltau (*Sphaerotheca macularis*), die Weißfleckenkrankheit (*Mycosphaerella fragariae*) und die Rotfleckenkrankheit (*Diplocarpon earliana*) treten zwar häufig auf, sind aber oft nur wenig ertragsmindernd und werden im biologischen Anbau meist allein mit Kulturmaßnahmen (einreihiger Anbau, Rodung nach maximal drei Standjahren, weite Fruchtfolge, Vermeidung von zu hoher Stickstoffdüngung, Tröpfchenbewässerung oder nur morgendliche Bewässerung) reguliert. In Gebieten mit viel Niederschlag können sie aber sehr wohl die Photosyntheseleistung der Pflanzen herabsetzen, weswegen die meisten konventionellen Betriebe einmal oder mehrmals jährlich Behandlungen mit Fungiziden durchführen. Im biologischen Anbau kann Schwefel eingesetzt werden. Die Eckige Blattfleckenkrankheit (*Xanthomonas fragariae*) ist meldepflichtig und wird im Gegensatz zu den oben genannten Pilzkrankheiten von einem Bakterium verursacht. Präventive Maßnahmen, v.a. die Verwendung von zertifiziertem Pflanzgut, werden empfohlen (AGES 2012 a).

### 1.3.3. Wurzelkrankheiten

Wurzelkrankheiten verursachen sowohl in der konventionellen als auch in der biologischen Produktion Ertragseinbußen und Pflanzenausfälle. In einer Umfrage unter ErdbeerproduzentInnen im Jahr 2008 wurde die Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten als das wichtigste Kriterium für die Sortenwahl genannt (STICH et al. 2009). Das zeigt den dringenden Bedarf sowohl an resistenten Sorten als auch an neuen Managementstrategien auf.

Verantwortlich für die Schäden sind Bodenpilze (*Verticillium dahliae*, *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora fragariae*, *Fusarium* sp., *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp.) und Nematoden, welche oft kombiniert als Schaderregerkomplex auftreten. Forschung über diese Pathogene und über Kontrollmaßnahmen wird verstärkt betrieben, seit Methylbromid und andere hochwirksame Bodenentseuchungsmittel verboten wurden. Die Wirkung der zugelassenen chemisch-synthetischen Fungizide ist teilweise nicht zufriedenstellend.

Folgende alternative Strategien und Ansätze werden verfolgt:

- Abschätzen des Risikos für z.B. *Verticillium*-Welke und dementsprechende Sortenwahl (AGES 2012 b)
- ein weiter Abstand in der Fruchtfolge und die Eingliederung von Nichtwirtspflanzen (NJORGE et al. 2009, AGES 2012 b)
- die Förderung der Bodengesundheit und damit eine Erhöhung des antiphytopathogenen Potentials (JANVIER et al. 2007)
- Biofumigation durch Verwendung glucosinolat-haltiger *Brassica*-Arten (STEEN et al. 2012)
- Hygiene in der Jungpflanzenproduktion und verstärkte Kontrollen vor dem Auspflanzen (AGES 2012 b)
- Pflanzenhilfsmittel pflanzlicher Basis und mikrobielle Antagonisten (TAHMATSIDOU 2006, ARSLAN und DERVIS 2010)

- der Einsatz von apathogenen und temperaturabhängig pathogenen *Verticillium*-Stämmen – „Erdbeer-Verticillium-Impfung EVI“ (LENTZSCH et al. 2007, TRANSPLORE 2013)
- Resistenzzüchtung gegen einzelne Schaderreger (SIMPSON et al. 2009, SHAW et al. 2010 a)

Der *Verticillium*-Welke wird in der vorliegenden Arbeit besondere Beachtung geschenkt. Diese Krankheit gewann in den letzten Jahren an Bedeutung, v.a. in Ostösterreich, wo mit sandigen Böden und geringen Niederschlägen geeignete Bedingungen für *V. dahliae* herrschen (HOFFELNER 2009, AGES 2012 b). Der Pilz bildet Dauersporen (Mikrosklerotien) aus, die viele Jahre im Boden überdauern können. Sind Wirtspflanzen in der Nähe, keimen die Sporen aus und dringen über die Wurzelspitzen oder Seitenwurzelbildungsstellen bis zu den vaskulären Gefäßen der Pflanze vor. Dort blockiert das Myzel die Wasserleitung zu den Blättern und Früchten. Welkesymptome werden dann in Stresssituationen - bei hohen Temperaturen und schlechter Wasserversorgung - sichtbar. Die äußeren Blätter sterben ab und legen sich zu Boden, die inneren Blätter werden chlorotisch und stocken im Wachstum (Abbildung 2). Die angesetzten Früchte sind von gummiartiger Konsistenz, bleiben klein und reifen nicht aus. Stirbt die Pflanze ab, bildet der Pilz wieder Mikrosklerotien, die zunächst im zerfallenden Wirtsgewebe und später frei im Boden überleben (AGES 2012 b).



Abbildung 2: Eine an der *Verticillium*-Welke erkrankte Erdbeerpflanze

Auf die *Verticillium*-Resistenz bei Erdbeeren konzentriert sich das „UC strawberry breeding program“ in den USA, wo seit 1994 mit Hilfe von Rückkreuzungen und der „multiple-trait selection“, wo gleichzeitig auf mehrere Eigenschaften selektiert wird, enorme Fortschritte erreicht wurden (SHAW et al. 2010 a) Auch in Deutschland wird Züchtungsarbeit zur Entwicklung widerstandsfähiger Sorten betrieben, aktuell von der Firma Hansabred sowie am schon genannten Julius Kühn-Institut Dresden-Pillnitz. Die *Verticillium*-Resistenz bei Erdbeeren hat polygenen Charakter, d.h. bei Eindringen des Pilzes können unterschiedliche Abwehrreaktionen unter Beteiligung vieler Gene stattfinden, die zu einer stärker oder schwächer ausgeprägten Resistenz der Wirtspflanze führen. Wenn sich der Erreger in der Pflanze ansiedelt, die Pflanze aber trotzdem wächst und Ertrag bringt, spricht man von Toleranz (FRADIN und THOMMA 2006). SHAW et al. (2010 b) nehmen an, dass Resistenz- und Toleranzmechanismen bei der *Verticillium*-Welke von Erdbeeren ineinander übergreifen. In meiner Arbeit habe ich die Begriffe Widerstandsfähigkeit und Robustheit als Resultat von unterschiedlichsten Resistenz- und Toleranzmechanismen gewählt.

## 1.4. Züchtung, Prüfung und Verwendung von Erdbeersorten in Europa

In Österreich wird traditionell keine Erdbeerzüchtung betrieben. Handelsübliche Sorten für den - auch österreichischen - Frischmarkt kommen vor allem aus den Niederlanden, Italien und Frankreich. Bei der Züchtung für den Frischmarkt stellen eine hohe Transportfestigkeit, eine gute Haltbarkeit, und eine hellrote Fruchtfarbe bei schöner Fruchtform wichtige Zuchtziele dar. Weiters werden eine hohe Produktivität und eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen abiotische Stressfaktoren (Hitze, unregelmäßige Wasserversorgung) sowie gegen Wurzel-, Frucht- und Blattkrankheiten angestrebt. Jährlich kommt eine Vielzahl von neuen Sorten auf den Markt.

Eine speziell auf den biologischen Anbau ausgerichtete Züchtung gibt es in der Schweiz und in Deutschland. Sorten vom schweizerischen Züchter Ernst Niederer sind bei Sativa erhältlich (SATIVA 2012). Am Institut für Züchtungsforschung an gartenbaulichen Kulturen und Obst des Julius Kühn-Instituts Dresden-Pillnitz wird seit Anfang 2011 am Projekt „Aufbau eines Zuchtprogramms zur Entwicklung widerstandsfähiger Erdbeersorten mit spezieller Eignung für den ökologischen Landbau“ gearbeitet, im Rahmen dessen vor allem Sorten mit Resistenzen gegen die Graufäule (*Botrytis cinerea*) und die Eckige Blattfleckenkrankheit (*Xanthomonas fragariae*) entwickelt werden sollen. Vielerorts wird diskutiert, ob der biologische Landbau eine eigene Züchtung benötigt. Organisationen, die sich für die Förderung der biologischen Landwirtschaft einsetzen, treten geschlossen für einen Ausbau und eine Vernetzung der ökologischen Züchtung ein. Im Jahr 1997 wurde im deutschsprachigen Raum erstmals mit der Entwicklung einer Vision zur ökologischen Pflanzenzüchtung begonnen (LAMMERTS VAN BUEREN et al. 1999), die u.a. im Kritischen Agrarbericht (ROECKL und WILLING 2006) Eingang fand. Festgehalten wird dort: „Öko-Züchtung heißt: sie findet unter den Anbaubedingungen und im Hinblick auf die Ziele des Ökologischen Landbaus statt.“ Den Pflanzen müssen ihre natürliche Reproduktionsfähigkeit und ihre Fähigkeit zur unabhängigen Anpassung an die Umgebung erhalten bleiben. Sorten sollen einerseits resilient und anpassungsfähig sein, um z.B. jährliche Witterungsschwankungen zu überstehen, andererseits mache es durchaus Sinn, für lokale Umweltbedingungen zu züchten, da verschiedene Umwelten unterschiedlich mit den Pflanzen interagieren (LAMMERTS VAN BUEREN et al. 1999).

Jedoch decken sich die klimatischen Verhältnisse, unter denen Sorten gezüchtet werden, oft nicht mit jenen des Produktionsstandorts. Damit können Züchterempfehlungen nicht ohne weiteres für den einzelnen Betrieb übernommen werden und regionale Sortenprüfungen sind notwendig, deren Ergebnisse dann in der Beratung Verwendung finden. In Österreich gibt es keine regelmäßigen Erdbeersortenprüfungen, oft werden daher Ergebnisse aus benachbarten Ländern genutzt. Die einzelnen Sorten werden häufig nur an einem Standort getestet, was nur sehr allgemeine Aussagen ermöglicht. LINNEMANNSTÖNS (2011) betont daher, dass ein Gesamtbild einer Sorte erst mit der Zeit durch die Beurteilung von ZüchterInnen, VermehrerInnen, BeraterInnen, HändlerInnen, ProduzentInnen und KonsumentInnen entsteht und die ProduzentInnen selbst herausfinden müssen, welche Sorten für ihren Betrieb geeignet sind.

HOFFELNER nennt in seiner Diplomarbeit (2009) als wichtigste Sorten in Österreich ‚Elsanta‘, ‚Clery‘, ‚Elianny‘, ‚Darselect‘, ‚Kimberly‘ und ‚Symphony‘. Die Sorte ‚Elsanta‘ ist seit 1982 auf dem Markt und besetzt derzeit noch immer ein großes Segment am Frischmarkt. Sie reift mittelfrüh, und weist eine gute Transportfähigkeit und Haltbarkeit auf, wird aber vor allem auf Grund ihrer Anfälligkeit für Wurzelkrankheiten immer mehr von anderen Sorten abgelöst oder ergänzt. Bei den neuen Sorten kommen oft erst mit der Zeit negative Eigenschaften zu Tage oder es stellt sich heraus, dass sie sich für eine Region besser als für eine andere eignen. Robuste Sorten für eine bestimmte Region ausfindig zu machen ist ein wichtiger Schritt zu einer nachhaltigeren Produktionsweise und erleichtert eventuell den Umstieg auf den biologischen Anbau.

In Österreich werden sehr wenige biologisch produzierte Jungpflanzen angeboten; biologisch wirtschaftende Betriebe müssen auf konventionelles Pflanzgut zurückgreifen oder selbst

vermehrten. In Deutschland ist das Angebot von biologischen Jungpflanzen in den letzten Jahren gestiegen und kann den Bedarf abdecken. Im Jahr 2011 wurden von sieben Vermehrungsbetrieben 18 Sorten angeboten (DILLMANN 2010 b).

## **1.5. Bedeutung der Fruchtqualität bei Erdbeeren**

Fruchtqualität von Beerenobst kann unter verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Einerseits gibt es Anforderungen des Handels, wo Transportfestigkeit und Lagerfähigkeit eine große Bedeutung einnehmen. Andererseits gibt es die Wünsche der KonsumentInnen, die neben dem Aussehen der Früchte auch dem Geschmack eine große Rolle einräumen. Zum dritten ist die innere Qualität zu nennen. GIAMPIERI et al. (2012) zeigen in ihrem Review die zahlreichen gesundheitsfördernden Inhaltsstoffe in Erdbeeren und ihre Bedeutung für den menschlichen Organismus auf. Das antioxidative Potential ist bei Beerenfrüchten etwa viermal höher als in anderen Früchten und etwa zehnmal höher als in Gemüse. Die bedeutendsten Radikalfänger sind Vitamin C und Anthocyane (tragen 30 % bzw. 25-40 % zum antioxidativen Potential bei). Eine andere, ganzheitlichere Herangehensweise an Fruchtqualität hat HOFFMANN (1997), der elektrochemische Parameter zur Bestimmung von ganzheitlicher (Frucht-)qualität heranzieht.

Fruchtqualitätsparameter werden vom Genotyp, vom Klima einer Region, von den spezifischen Standortbedingungen und von der Wirtschaftsweise beeinflusst (SCHEIBLAUER 2007, REGANOLD et al. 2010). SIEGMUND et al. (2011) beschreiben außerdem den Einfluss von Mikroorganismen (Methylobakterien) auf den Geschmack von Erdbeeren.

Klassische und einfach messbare Qualitätsparameter bei Erdbeeren sind Zucker- und Säuregehalt und davon abgeleitet das Zucker/Säure-Verhältnis, sowie die Fruchtfestigkeit und die Fruchtfarbe. Die Sortenunterschiede im Zuckergehalt stehen mit dem Blatt/Frucht-Verhältnis im Zusammenhang (CARLEN et al. 2007). Beim Zuckergehalt wurden auch Veränderungen innerhalb einer Sorte während der Ernteperiode festgestellt (CARLEN et al. 2005). In anderen Publikationen wurde ein Einfluss des Erntetermins (SONE et al. 1999, VOĆA et al. 2007) oder der Erntesaison (Mai vs. August) (PELAYO-ZALDIVAR et al. 2005) auf verschiedenste Fruchtqualitätsparameter beschrieben, auch in Wechselwirkung mit der Sorte (SONE et al. 1999, PELAYO-ZALDIVAR et al. 2005).

## 2. Ziele der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit war es, mit zwei dreijährigen Sortenversuchen auf mehreren Standorten ausgewählte Erdbeersorten zu charakterisieren und sie auf ihre Biotauglichkeit zu testen. Außerdem sollten etwaige Wechselwirkungen zwischen Sorte und Standort in der Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten erhoben werden. Die Züchterempfehlungen für die Sorten sollten für Ostösterreich überprüft werden und der Einfluss des Standorts beleuchtet werden. Hinsichtlich der Fruchtqualität sollte neben der Sorte auch der Erntetermin als Einflussfaktor untersucht werden.

Die Möglichkeiten und Grenzen von Verbesserungen in der Erdbeerproduktion durch die Sortenwahl sollten aufgezeigt werden, und die Ergebnisse von der Obstbauberatung an die Praxis weitergegeben werden.

Folgende Fragen habe ich mir gestellt:

- Welche der ausgewählten Sorten sind für den biologischen Anbau in Ostösterreich geeignet?
- Welche Vor- und Nachteile haben die einzelnen Sorten in Hinblick auf das Wuchsverhalten, den Ertrag, die Anfälligkeit für Blatt- und Fruchtkrankheiten und die Fruchtqualität?
- Unterscheiden sich die Sorten in der Pflanzenvitalität, in Besondere auf Standorten mit Auftreten von *Verticillium dahliae*?
- Gibt es Wechselwirkungen zwischen Sorte und Standort bezüglich der Pflanzenvitalität?
- Wie groß ist der Einfluss des Erntetermins auf die Fruchtqualität im Vergleich zum Einfluss der Sorte?

### 3. Überblick über die Sorten und Standorte der Feldversuche

Von 2005 bis 2009 wurden ausgewählte Sorten in zwei aufeinanderfolgenden Versuchen evaluiert (Tabelle 1). Der erste Versuch wurde 2005 begonnen und bis 2007 ausgewertet, der zweite Versuch mit dem Schwerpunkt frühreifende Sorten lief von 2007 bis 2009. Bei beiden Versuchen wurden im April Frigopflanzen gesetzt und im Lauf des ersten Jahres vegetative Parameter erhoben. In den beiden Jahren darauf wurden jeweils zusätzlich zur Erhebung vegetativer Parameter Ertragsauswertungen durchgeführt. Die Referenzsorte war immer ‚Elsanta‘. Sorten, die im ersten Versuch eine gute Leistung zeigten und eine frühe Reifezeit aufwiesen, wurden in den zweiten Versuch mit aufgenommen, zusätzlich zu weiteren zehn frühreifen Sorten. Die Sorten wurden nach Rücksprache mit Handels-, Vermehrungs- und Zuchtbetrieben ausgewählt und hatten sich entweder schon bewährt, waren neu am Markt oder standen im Fall von ‚Record‘ und ‚Vale‘ zum Versuchsbeginn noch vor der Sortenzulassung. Alle Sorten wurden unter konventionellen Anbaubedingungen gezüchtet.

Tabelle 1: Ausgewählte Sorten (in alphabetischer Reihenfolge), Herkunft und Versuchsjahre

Sorte	Züchterunternehmen	Züchterstandort	Versuchsjahre
‚Alba‘	New Fruits	Italien	2005-2009
‚Alice‘	Horticulture Research International	Großbritannien	2005-2007
‚Antea‘	Consorzio Italiano Vivaisti	Italien	2007-2009
‚Asia‘	New Fruits	Italien	2007-2009
‚Betty‘	Ciref	Frankreich	2007-2009
‚Clery‘	Consorzio Italiano Vivaisti	Italien	2005-2009
‚Daroyal‘	Darbonne	Frankreich	2005-2009
‚Darselect‘	Darbonne	Frankreich	2005-2007
‚Divine‘	Darbonne	Frankreich	2005-2007
‚Dora‘	Istituto Sperimentale per la Frutticoltura	Italien	2005-2007
‚Elianny‘	Vissers	Niederlande	2007-2009
‚Elsanta‘	Plant Research International	Niederlande	2005-2009
‚Eva‘	Istituto Sperimentale per la Frutticoltura	Italien	2005-2007
‚Figaro‘	Fresh Forward	Niederlande	2007-2009
‚Galante‘	California Giant	USA	2007-2009
‚Gloria‘	California Giant	USA	2007-2009
‚Marianna‘	Häberli	Schweiz	2007-2009
‚Queen Elisa‘	Istituto Sperimentale per la Frutticoltura	Italien	2005-2009
‚Record‘	Istituto Sperimentale per la Frutticoltura	Italien	2005-2007
‚Salsa‘	Plant Research International	Niederlande	2005-2007
‚Sonata‘	Plant Research International	Niederlande	2005-2007
‚Sugar Lia‘	Istituto Sperimentale per la Frutticoltura	Italien	2007-2009
‚Vale‘ (in Artikel c) ,Nr. 96.46.2‘)	Istituto Sperimentale per la Frutticoltura	Italien	2007-2009

Von 2005 bis 2007 wurden auf sieben, von 2007 bis 2009 auf neun Standorten (Tabelle 2) in allen drei Standjahren vegetative Parameter bonitiert. Im Versuch 2007-2009 wurden die Standorte Wiesen 1 und Wiesen 2 nach der ersten Ernte gerodet, damit flossen nur die bis dahin erhobenen Daten in die Auswertung ein. Die Ertragsauswertungen fanden im Versuch 2005-2007 auf zwei Standorten und im Versuch 2007-2009 auf einem Standort jeweils unter biologischen Anbaubedingungen statt.

Zu Beginn des jeweiligen Versuchs wurde für alle Flächen das Risiko für *Verticillium*-Welke nach HARRIS et al. (1993) bestimmt. Es wurde einerseits darauf geachtet, Standorte mit einem hohen Risiko in die Versuche aufzunehmen, und andererseits, verschiedene Regionen in Ostösterreich mit unterschiedlichen Bodenbedingungen und Produktionsweisen zu mischen.

Tabelle 2: Versuchsstandorte

Standort (Bundesland)	Risiko für <i>Verticillium</i> -Welke	Jahresniederschlag (Mittelwerte der Versuchsjahre)	Betriebsweise
<b>Versuch 2005-2007</b>	Mikrosklerotien / g Erde	mm (ZAMG 2010)	
Breitstetten (NÖ)	1,5	525	konventionell
Gleisdorf (Stmk)	5,1	817	konventionell
<b>Jedlersdorf (Wien)</b>	6,6	520	biologisch
Kremsmünster (OÖ)	7,8	958	konventionell
<b>Strebersdorf (Wien)</b>	0,0	520	biologisch
Wiesen 1 (Bgld)	10,0	617	konventionell
Wiesen 2 (Bgld)	5,5	617	biologisch
<b>Versuch 2007-2009</b>			
Grafenegg (NÖ)	0,8	645	konventionell
Gschmeier (Stmk)	4,0	902	konventionell
<b>Jedlersdorf (Wien)</b>	10,0	552	biologisch
Kremsmünster (OÖ)	7,2	1073	konventionell
Pöttsching (Bgld)	0,8	721	konventionell
St. Egyden (NÖ)	<0,2	721	konventionell
St. Georgen (OÖ)	1,2	798	konventionell
St. Ruprecht (Stmk)	2,8	891	konventionell
Stammersdorf (Wien)	<0,2	552	biologisch
Wiesen 1 (Bgld)	6,8	721	konventionell
Wiesen 2 (Bgld)	<0,2	721	biologisch

Standorte mit hohem oder sehr hohem Risiko für *Verticillium*-Welke

**Standorte, wo Ertragsauswertungen durchgeführt wurden**

Standorte, die im zweiten Standjahr nach der Ernte gerodet wurden

## 4. Publikationen

- a) \*\* WEISSINGER, H.; STICH, K.; SPORNBERGER, A.; JEZIK, K. (2008):  
Einfluss des Ernteverlaufs auf Fruchtqualitätsparameter von frühreifen Erdbeersorten.  
(Influence of harvest progression on fruit quality parameter of early-ripening strawberry types.)  
Deutsche Lebensmittel-Rundschau 104(11-12), 59-66.
- b) \*\* WEISSINGER, H.; SPORNBERGER, A.; STEFFEK, R.; JEZIK, K.; STICH, K. (2009):  
Evaluation of new strawberry cultivars for their potential use in organic farming and in *Verticillium*-infested soils.  
European Journal of Horticultural Sciences 74(1), 30-34.
- c) WEISSINGER, H.; EGGBAUER, R.; STEINER, I.; SPORNBERGER, A.; STEFFEK, R.; ALTENBURGER, J.; JEZIK, K. (2010):  
Yield and fruit quality parameters of new early-ripening strawberry cultivars in organic growing on a highly *Verticillium*-infested site.  
In: 14th International Conference on Organic Fruit-Growing. Proceedings for the Conference from February 22<sup>nd</sup> to February 24<sup>th</sup>, 2010 at the University of Hohenheim, Germany. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Ed.), Weinsberg. 243-249.
- d) WEISSINGER, H.; SPORNBERGER, A.; STEFFEK, R.; ALTENBURGER, J.; STICH, K.; JEZIK, K. (2011):  
Field resistance of early-ripening strawberry cultivars under different site conditions in Austria.  
International Journal of Fruit Science 11, 220-231.

\*\* = Publikationen gelistet in SCI/PubMed

Im Artikel a) wird die Veränderung von Fruchtqualitätsparametern während der Ernteperiode anhand von fünf frühreifenden Sorten beschrieben, die Potential zeigten, die frühreife Standardsorte ‚Elsanta‘ in diesem Reifesegment abzulösen oder zu ergänzen. Es wurde ein großer Einfluss des Erntezeitpunkts neben dem Einfluss der Sorte festgestellt, vor allem bei den Parametern Fruchtgewicht, Gehalt an löslicher Trockensubstanz und titrierbarer Säure sowie bei den elektrochemischen Parametern.

Im Artikel b) wurden 13 Erdbeersorten hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Wurzel- und Blattkrankheiten auf sieben Standorten verglichen. Das Ertragspotential und verschiedene Fruchtqualitätsparameter wurden auf zwei biologisch bewirtschafteten Flächen erhoben. Es konnten vorläufige Sortenempfehlungen für den biologischen Anbau und für den Anbau auf *Verticillium*-belasteten Flächen ausgesprochen werden.

Im Artikel c) werden ausgewählte Ergebnisse des zweiten Versuchs 2007-2009 beschrieben, mit dem Fokus auf Ertrag und Fruchtqualität unter biologischen Anbaubedingungen. Im Jahr 2008 wurden Daten von EGGBAUER (2009), im Jahr 2009 von STEINER (2010) erhoben, ausgewertet und im Rahmen von Diplomarbeiten publiziert, wonach ich eine gemeinsame Auswertung aller drei Standjahre vornahm. Die Sorten, die im Artikel b) vorläufig empfohlen wurden, bewiesen ihre Anbauwürdigkeit erneut. Weitere Sorten konnten als mögliche Alternativen zur Standardsorte ‚Elsanta‘ und auch für den biologischen Anbau empfohlen werden.

Im Artikel d) werden die Sorten des Versuchs 2007-2009 hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen Wurzel- und Blattkrankheiten beschrieben. Es wurden große Unterschiede im Ausmaß der Pflanzenausfälle und der Bodendeckung zwischen den Sorten sowie zwischen den Standorten und sehr hohe Wechselwirkungen zwischen Sorte und Standort festgestellt.

# **Einfluss des Ernteverlaufs auf Fruchtqualitätsparameter von frühreifen Erdbeersorten**

## **Influence of the harvest date on fruit quality characteristics of early ripening strawberry cultivars**

Helene Weissinger<sup>1</sup>, Karl Stich<sup>2</sup>, Andreas Spornberger<sup>1</sup>, Karoline Jezik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität für Bodenkultur, Department für Angewandte Pflanzenwissenschaften und Pflanzenbiotechnologie, Institut für Garten-, Obst- und Weinbau, A-1180 Wien, Gregor Mendel Straße 33

<sup>2</sup>Technische Universität Wien, Fakultät für Technische Chemie, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, A-1060 Wien, Getreidemarkt 9

### **Zusammenfassung**

In dieser Studie wurde der Einfluss des Erntezeitpunkts auf die Fruchtqualität der Standard-Erdbeersorte ‚Elsanta‘ und von 4 weiteren frühreifen Erdbeersorten untersucht. ‚Elsanta‘ ist für Standorte mit hoher Schaderregerdichte ungeeignet und die verwendeten Sorten stellen mögliche Alternativen dar. Die Untersuchungen von Fruchtqualitätsparametern an mehreren Terminen sollen dazu dienen, eine optimale Verwertung von frühreifen Erdbeersorten aufzuzeigen. Das Fruchtgewicht, der Fruchtformindex und die Fruchtfleischfestigkeit wurden an 5 Terminen, der Gehalt an löslicher Trockensubstanz, an titrierbarer Säure und an Vitamin C sowie elektrochemische Parameter wurden an 4 Terminen erhoben. Im Mittel der Sorten nahmen das Fruchtgewicht, der Fruchtformindex, die Festigkeit, das Zucker/Säure-Verhältnis, der pH-Wert und der elektrische Widerstand während der Ernteperiode signifikant ab, während der Gehalt an löslicher Trockensubstanz und titrierbarer Säure, das Redoxpotential und der P-Wert signifikant anstiegen. Der Vitamin C-Gehalt war am 3. Erntetermin signifikant höher als an den anderen Terminen. Die Früchte, die zu Beginn der Ernteperiode geerntet werden, bieten sich ob hohem Fruchtgewicht und der höheren Fruchtfleischfestigkeit für die Frischvermarktung an, wodurch gerade zu Saisonbeginn sehr gute Preise erzielt werden können. Die kleineren Früchte von späteren Ernteterminen, die eine hohe Konzentration an Inhaltsstoffen aufweisen, eignen sich optimal für die Verarbeitung. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass neben der Sortenwahl auch der Erntetermin einen wichtigen qualitätsbestimmenden Faktor darstellt.

### **Summary**

In this study, the influence of the harvest date on fruit quality characteristics of 5 early ripening strawberry cultivars was examined. The standard cultivar ‘Elsanta’ which is unsuitable for pathogen-infested soils, and 4 new early ripening cultivars which could be possible alternatives for ‘Elsanta’, were used. The analysis of fruit quality parameters at different harvest dates should point out the possibility of an optimal utilisation of early ripening strawberry cultivars. Fruit weight, fruit form index and fruit firmness were assessed on 5 dates; soluble dry matter, titratable acid, ascorbic acid, and electrochemical parameters were measured on 4 dates. In the average of all cultivars, fruit weight, fruit form index, fruit firmness, contents of soluble solids and titratable acid, sugar/acid ratio, pH and electrical resistance were significantly decreasing during harvest, whereas soluble dry matter, titratable acid, redox potential and P-value were significantly increasing. Ascorbic acid content was significantly higher on the 3<sup>rd</sup> harvest date than on the other dates. The fruits harvested in the beginning of the harvest period lend themselves to fresh marketing, due to a high fruit weight and the higher fruit firmness, and can be sold at high prices. The smaller fruits in the end of harvest are very suitable for processing because of their high concentration of substances. Concluding, besides the choice of cultivar, the harvest date is also a decisive factor concerning fruit quality.

## Einleitung

Die Fruchtqualität von Erdbeeren ist für ProduzentInnen, HändlerInnen und KonsumentInnen gleichsam von großer Bedeutung, wobei jedoch jede dieser Gruppen die Fruchtqualität aufgrund unterschiedlicher Kriterien definiert. Für die ProduzentInnen ist die Kultur frühreifer Erdbeersorten von besonderem Interesse, da zu Beginn der Erdbeersaison für die Früchte die höchsten Preise erzielt werden. Darüber hinaus sind Ertrag und vor allem eine hohe Lagerfähigkeit („Shelf life“) wesentliche Auswahlkriterien für die verwendeten Sorten. Für KonsumentInnen hingegen ist vor allem ein guter Geschmack und frisches Aussehen von Bedeutung.

Aufgrund der meist kleinen landwirtschaftlichen Flächen, die den ProduzentInnen vor allem in den deutschsprachigen Gebieten zur Verfügung stehen, werden die Erdbeerpflanzen oftmals viele Jahre am selben Standort kultiviert. Die Folge ist, dass es zu einem Anstieg an bodenbürtigen Pathogenen im Boden kommt. Im deutschsprachigen Raum dominiert im Erwerbsanbau immer noch die Sorte ‚Elsanta‘. Diese weist zwar viele von ProduzentInnen gewünschte Eigenschaften auf, hat aber kein ausgeprägtes Aroma und ist für Böden, die mit Schaderregern belastet sind, ungeeignet. Interessante Alternativen zu ‚Elsanta‘ wären daher also frühreife Sorten, die eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber bodenbürtigen Schadorganismen und Fruchtfäulen, einen hohen Ertrag, eine gute Haltbarkeit sowie ein fruchtiges Aroma aufweisen.

In mehrjährigen Versuchen wurde der Ernteverlauf, der Ertrag, das mittlere Fruchtgewicht, der Anteil an vermarktbareren Früchten sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheitserregern von zwölf im Handel befindlichen frühreifen Sorten ermittelt (*Weissinger et al. 2009* publiziert). Es konnte gezeigt werden, dass Qualitätsparameter wie Fruchtgewicht, Fruchtfleischfestigkeit, Verhältnis von Zucker zu Säure sowie der Vitamin C-Gehalt stark sorten- und standortabhängig sind. Dabei erwiesen sich die Sorten ‚Alba‘, ‚Clery‘, ‚Daroyal‘ und ‚Queen Elisa‘ als vielversprechende Kandidaten, die sowohl vom Standpunkt der ProduzentInnen als auch der KonsumentInnen für einen alternativen Anbau zu ‚Elsanta‘ geeignet sein könnten. In der vorliegenden Arbeit wurden von diesen vier Sorten Qualitätsparameter wie Fruchtgewicht, Fruchtfleischfestigkeit, Verhältnis von Zucker zu Säure, der Vitamin C-Gehalt und der P-Wert im Vergleich zu ‚Elsanta‘ ermittelt, wobei ein besonderes Augenmerk darauf gerichtet wurde, welchen Einfluss der Erntezeitpunkt im Verlauf der Ernteperiode hat. Die Untersuchungen von Fruchtqualitätsparametern an mehreren Terminen sollen dazu dienen, die Möglichkeit einer optimalen Verwertung von frühreifen Erdbeersorten aufzuzeigen. Ausgehend von den Ergebnissen dieser Arbeit wird diskutiert, inwieweit die untersuchten Sorten geeignet sind, die Sorte ‚Elsanta‘ zu ersetzen.

## Material und Methoden

### *Verwendete Sorten*

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Herkunft der verwendeten Sorten und woher sie bezogen wurden. Es wurden ausschließlich Frigopflanzen verwendet.

Tab. 1: Herkunft der Sorten

Testsorten	Züchterunternehmen	Lieferant
Alba	New Fruits - Italien	Häberli (CH)
Clery	Consorzio Italiano Vivaisti - Italien	Hoffelner (Ö)
Daroyal	Darbonne - Frankreich	Bayer (Ö)
Elsanta	Plant Research International - Niederlande	Bayer (Ö)
Queen Elisa	Prof. Faedi - Italien	Prof. Faedi (I)

### *Anbau des Pflanzenmaterials*

Die Erdbeeren für die Untersuchungen wurden auf einem biologisch bewirtschafteten Betrieb am nördlichen Stadtrand von Wien im Rahmen eines Sortenversuchs, der im April 2005 angelegt wurde, produziert. Der durchschnittliche Niederschlag liegt bei 520 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,8 °C. Bei den 5 ausgewählten Sorten (Tab. 1) handelt es sich um Frühsorten, die sich nicht wesentlich in der Reifezeit unterscheiden. Während der Ernteperiode wurden die Erdbeeren mitsamt Stängel und Blattrosette an 5 Terminen im Abstand von 4-7 Tagen geerntet und nach Kühlung am folgenden Tag untersucht.

### *Bestimmung der äußeren Qualitätsmerkmale*

Fruchtgewicht, Höhe, Breite, Dicke und Fruchtfestigkeit (Penetrometer, M1000E, Fa. Mecmesin, Großbritannien) wurden an 40 Früchten pro Sorte und Termin (23.5., 29.5., 4.6., 8.6., 15.6.) bestimmt. Aus Höhe, Breite und Dicke wurde der Fruchtformindex errechnet ( $\text{Höhe}/((\text{Breite}+\text{Dicke})/2)$ ). Am 2., 3., 4. und 5. Termin wurden die bereits für die oben genannten Messungen verwendeten Erdbeeren mittels Haushaltsensafters MP 80 Multipress automatic (Fa. Braun) entsaftet. Der Saft wurde für folgende Analysen verwendet: lösliche Trockensubstanz (Refraktometer Palette PR-101 Fa. Atago, Japan), titrierbare Säure (TitroLine alpha plus, Fa. Schott, Deutschland), Vitamin C-Gehalt (Reflektometer, RQflex, Fa. Merck, Deutschland), elektrochemische Parameter (pH, elektrischer Widerstand (E0), Redoxpotential (rH): BE-T-A MT-732, Fa. Med-Tronik, Deutschland).

### *Bestimmung der Inhaltsstoffe*

Zur Bestimmung des Säuregehalts wurden 5 ml Probe mit dest. H<sub>2</sub>O auf 50 ml aufgefüllt. Die Titration erfolgte mit 0,1 M NaOH bis zum pH-Wert 8,1. Der Verbrauch an NaOH (ml) wurde mit Hilfe der Titrationsgleichung  $c_S \cdot V_S \cdot z_S = c_L \cdot V_L \cdot z_L$  ( $c_S, c_L$  = Konzentration der Säure bzw. Lauge in mol/l;  $V_S, V_L$  = Volumen der Säure bzw. Lauge in l;  $z_S, z_L$  = Protonigkeit der Säure bzw. Lauge) in den Zitronensäuregehalt (g/l) umgerechnet, da Zitronensäure bei Erdbeeren mengenmäßig die bedeutendste Säure darstellt. Zur Vitamin C-Bestimmung wurde der Saft zuvor 1:1 mit dest. H<sub>2</sub>O verdünnt, da die Messwerte des Erdbeersafts möglicherweise über dem Messbereich der Teststreifen lagen. Das Analysestäbchen wurde mit beiden Reaktionszonen für ca. 2 s in die Messprobe getaucht und danach in den Stäbchenadapter eingeführt. Der angezeigte Wert wurde schließlich mit dem Verdünnungsfaktor multipliziert. Das Zucker/Säure-Verhältnis wurde nach folgender Formel errechnet:  $[(\text{°Brix} \cdot 4/5) + 1] \cdot 10$  / g/l titrierbare Säure.

An einem Termin wurden bei allen Sorten die Zusammensetzung der einzelnen Zucker und Säuren bestimmt (Daten nicht publiziert), um festzustellen, ob sich die Sorten im Feinprofil der Zucker und Säuren unterscheiden. Da deutliche Unterschiede festgestellt wurden, wurde bei einer Sorte („Clery“) der Gehalt an Fructose, Glucose, Saccharose sowie an Citronensäure und Apfelsäure an den genannten Terminen mittels HPLC bestimmt. Auf Grund zu geringer Probenanzahl wurde keine statistische Verrechnung durchgeführt. Für die Zucker- und Säurebestimmung auf der HPLC wurden 10 g Probe mit destilliertem Wasser auf 100 ml aufgefüllt, 15 min im Ultraschallbad inkubiert und durch 0,2 µm filtriert. Zur Zuckeranalyse wurde 1 ml des Filtrats auf 50 ml aufgefüllt und 10 µl mittels HPLC analysiert (Säule: 300 mm \* 7,8 mm \* 10µm HPX-87C, 0,5 ml/min. Wasser, 79 °C, RI-Detektion). Zur Analyse der organischen Säuren wurden 200 µl des Filtrats mit 800 µl Wasser versetzt und 20 µl mittels HPLC analysiert (Säule: 250 \* 4,6 mm, 5 µm Spherisorb ODS, 0,8 ml/min 0,017 M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 28 °C, RI-Detektion).

### *Bestimmung von elektrochemischen Parametern*

Die Messung erfolgte in ca. 50 ml unverdünnter Probe mit einer Elektrode. Aus den drei abzulesenden Werten wurde der P-Wert folgendermaßen berechnet:  $P = [30 \cdot (\text{rH} - 2\text{pH})]^2 / E0$ .

Die statistische Verrechnung erfolgte mittels Varianzanalyse und nachfolgendem Student Newman Keuls-Test bei alpha = 5%.

## Ergebnisse

In Abb. 1 ist der Ertragsverlauf der Sorten dargestellt. Der 1. Termin (23.5.) war kurz vor dem Ertragsmaximum, der 2. Termin (29.5.) kurz danach. Beim 3. und 4. Termin (4.6. und 8.6.) nahmen die Erntemengen bereits zunehmend ab, am 5. Termin konnten nur mehr von ‚Clery‘, ‚Daroyal‘, und ‚Elsanta‘ genügend Früchte geerntet werden, jedoch konnten teilweise zu wenig Wiederholungen für eine statistische Verrechnung gebildet werden (am 5. Termin bei ‚Daroyal‘ und ‚Elsanta‘). Wurden keine Proben untersucht, ist das in den Abbildungen und Tabellen mit n.b. = nicht bestimmt vermerkt.

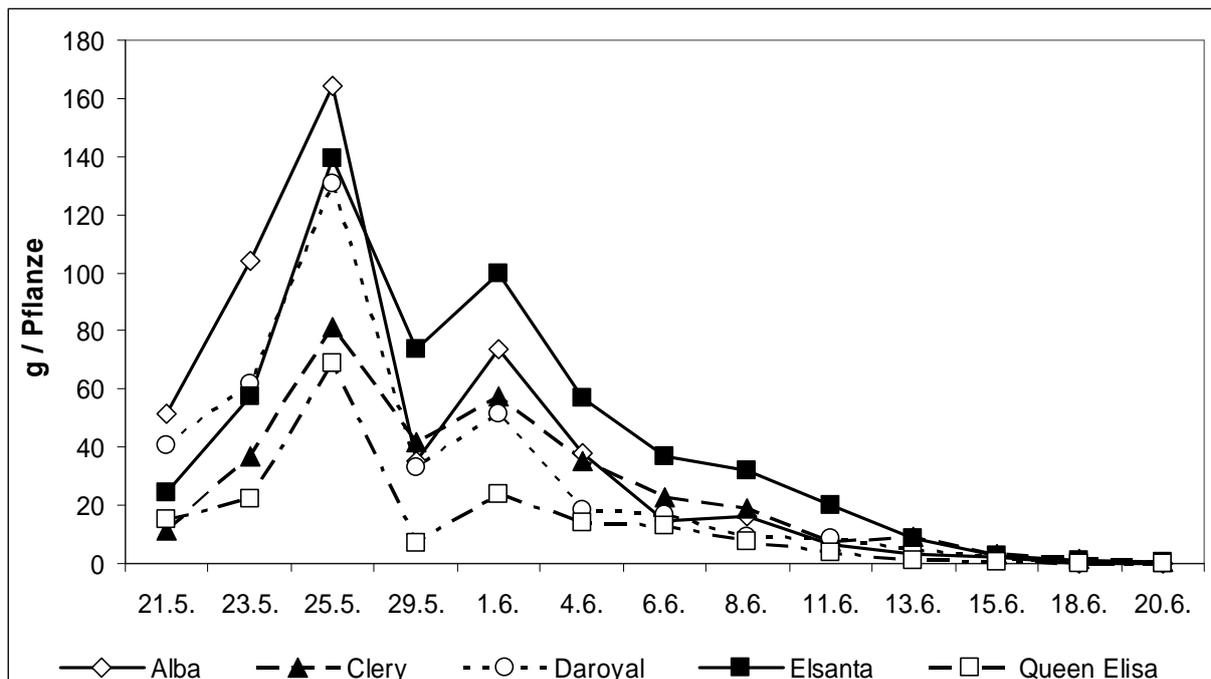


Abb. 1: Ertragsverlauf der Sorten im 2. Erntejahr

### Äußere Qualitätsmerkmale

Fruchtgewicht, Höhe, Breite und Dicke der Früchte nahmen im Ernteverlauf im Mittel der Sorten deutlich ab. Jedoch nahm die Höhe insgesamt stärker ab als die Breite und Dicke, sodass sich auch der Fruchtformindex, der sich mit der Formel Länge / (Breite + Dicke)/2 berechnen lässt, verringerte, was bedeutet, dass die Früchte insgesamt rundlicher wurden (Tab. 2).

Tab. 2: Fruchtgewicht, Fruchtform und Fruchtfestigkeit an 5 Ernteterminen (Mittelwerte von 5 Sorten)

Termin	Fruchtgewicht		Höhe		Breite		Dicke		Formindex		Festigkeit	
	g	*	mm	*	mm	*	mm	*		*	kg/cm <sup>2</sup>	*
1	14,04	d	37,5	e	30,4	c	28,0	e	1,30	d	0,83	c
2	15,02	d	36,3	d	30,4	c	28,4	e	1,24	c	0,70	b
3	10,53	c	31,7	c	26,8	b	25,1	c	1,22	bc	0,71	b
4	9,39	b	29,9	b	26,3	b	24,2	b	1,19	b	0,66	b
5	6,98	a	24,8	a	23,9	a	21,8	a	1,07	a	0,60	a

\* VA (=Varianzanalyse) mit anschließendem S-N-K Test (=Student-Newman-Keuls-Test), alpha=5%

Das mittlere Fruchtgewicht nahm nach dem zweiten Erntetermin deutlich bei allen Sorten ab, am deutlichsten bei den großfrüchtigen Sorten ‚Queen Elisa‘, ‚Alba‘ und ‚Elsanta‘. Am ersten Termin und an den letzten beiden Terminen wiesen alle Sorten im Durchschnitt eher ähnliche Fruchtgewichte auf, während es am zweiten und dritten Termin größere Unterschiede gab (Abb. 2).

Bei ‚Alba‘, einer Sorte mit länglichen Früchten, nahm der Formindex von Anfang an ab. Bei der Sorte ‚Clery‘, deren Früchte auch länglich sind, wurden die Früchte erst ab dem dritten Termin rundlicher, auch bei ‚Daroyal‘ verringerte sich der Formindex. Bei ‚Elsanta‘ zeigte sich keine eindeutige Tendenz, bei ‚Queen Elisa‘ gab es gar keine signifikanten Unterschiede (Abb. 3).

Die Früchte von ‚Queen Elisa‘ waren am ersten Erntetermin von sehr harter Konsistenz und an den restlichen Terminen eklatant weicher. Vergleicht man den ersten mit dem letzten Erntetermin, gab es bei ‚Clery‘ und ‚Elsanta‘ keine signifikanten Unterschiede, während die Festigkeit von ‚Alba‘ und ‚Daroyal‘ am Ende der Erntezeit signifikant geringer war (Abb. 4).

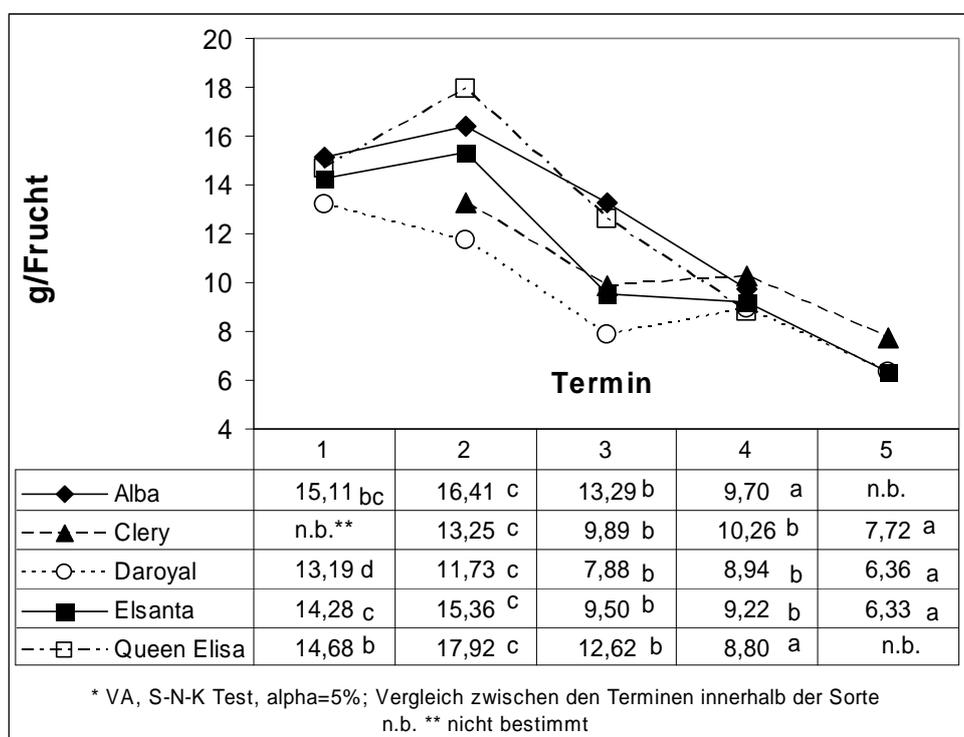


Abb. 2: Fruchtgewicht im Ernteverlauf

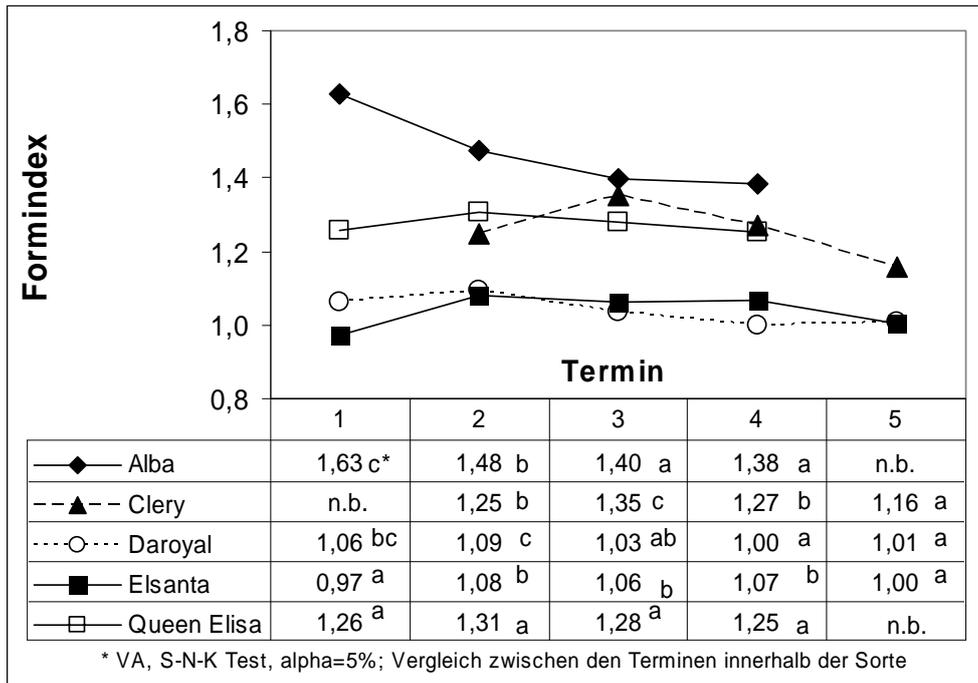


Abb. 3: Formindex im Ernteverlauf

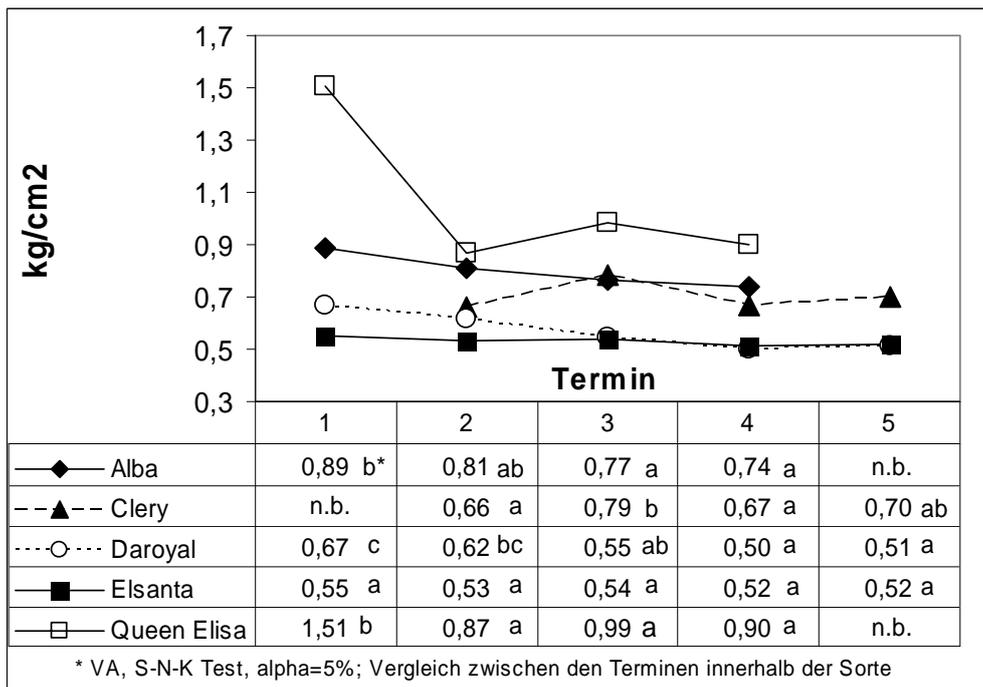


Abb. 4: Fruchtfestigkeit im Ernteverlauf

### Inhaltsstoffe

Der Gehalt an löslicher Trockensubstanz sowie an titrierbarer Säure nahm innerhalb der Erntezeit von Termin zu Termin signifikant zu, die Konzentration in den Früchten stieg also deutlich an. Das Zucker/Säure-Verhältnis ging jedoch zurück, weil der Säuregehalt schneller anstieg als der Gehalt an löslicher Trockensubstanz. Der Gehalt an Vitamin C war am dritten Termin signifikant höher als an den restlichen Terminen (Tab. 3).

Tab. 3: Gehalt an löslicher Trockensubstanz (% Brix), an titrierbarer Säure und an Vitamin C und das Zucker/Säure-Verhältnis an 4 Ernteterminen (Mittelwerte von 5 Sorten)

Termin	Brix		titrierbare Säure		Zucker/Säure-Verhältnis		Vitamin C	
	%	*	g Zitronensäure/l	*		*	mg/l	*
2	6,84	a	6,37	a	10,17	b	349	a
3	7,54	b	7,69	b	9,17	a	451	b
4	8,23	c	8,73	c	8,81	a	353	a
5	9,25	d	9,60	d	8,80	a	344	a

\* VA mit anschließendem S-N-K Test, alpha= 5%

Bei ‚Alba‘ nahm der Gehalt an löslicher Trockensubstanz an jedem Termin signifikant zu, war aber im Vergleich zu den anderen Sorten am niedrigsten. Bei ‚Elsanta‘ stiegen die Werte erst ab dem dritten Termin. ‚Clery‘ hatte von Beginn an gleichmäßig hohe Werte, der Brix-Gehalt stieg nur beim letzten Termin signifikant. Bei ‚Daroyal‘ und ‚Queen Elisa‘ war der Anstieg nicht signifikant, aber tendenziell gegeben (Abb. 5). ‚Daroyal‘ verzeichnete auch keinen signifikanten Anstieg im Säuregehalt und im Zucker/Säure-Verhältnis. Sonst wurden bei allen Sorten ein signifikanter Anstieg der titrierbaren Säure und eine Abnahme des Zucker/Säure-Verhältnisses gemessen. Am stärksten war der Anstieg von titrierbarer Säure bei der Sorte ‚Alba‘, die anfangs die niedrigsten und schließlich die höchsten Werte aufwies. ‚Alba‘ hatte außerdem an allen Terminen das niedrigste Zucker/Säure-Verhältnis (Abb. 6 und Abb. 7).

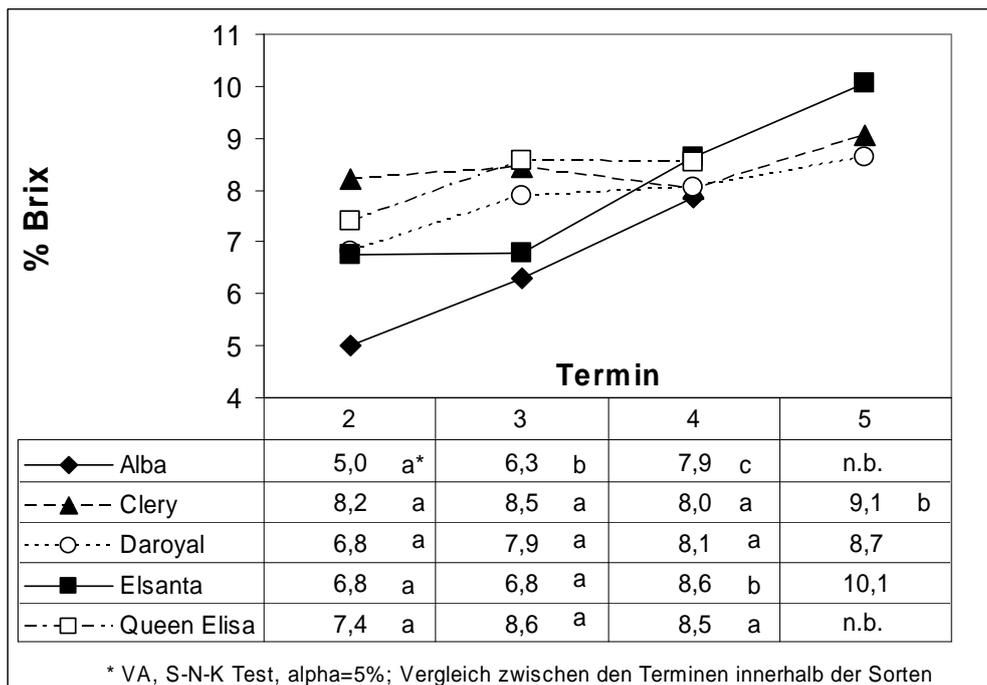


Abb. 5: Gehalt an löslicher Trockensubstanz im Ernteverlauf

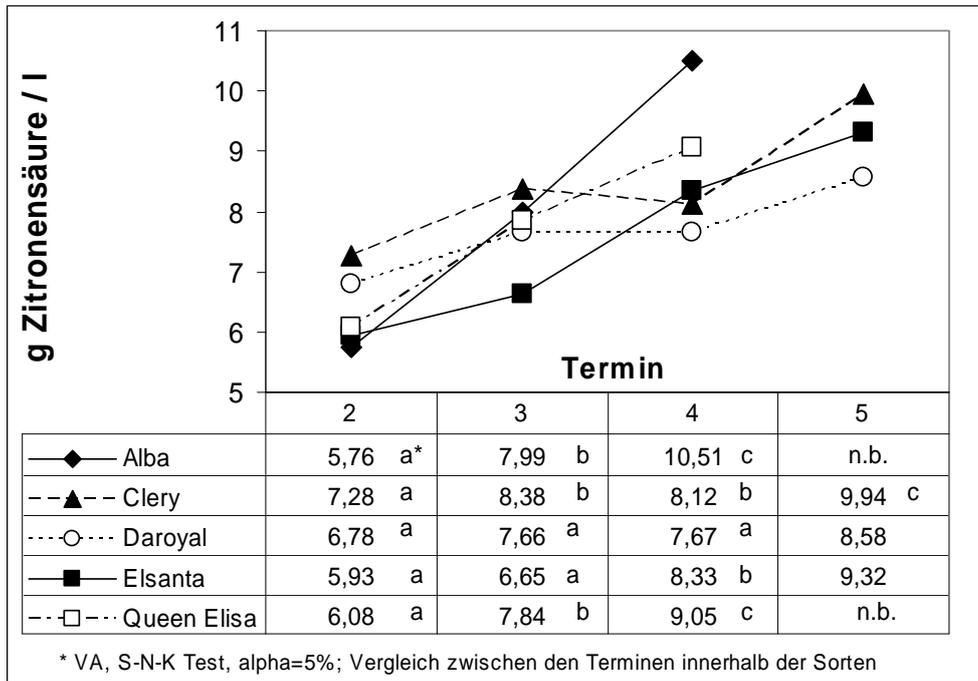


Abb. 6: Gehalt an titrierbarer Säure im Ernteverlauf

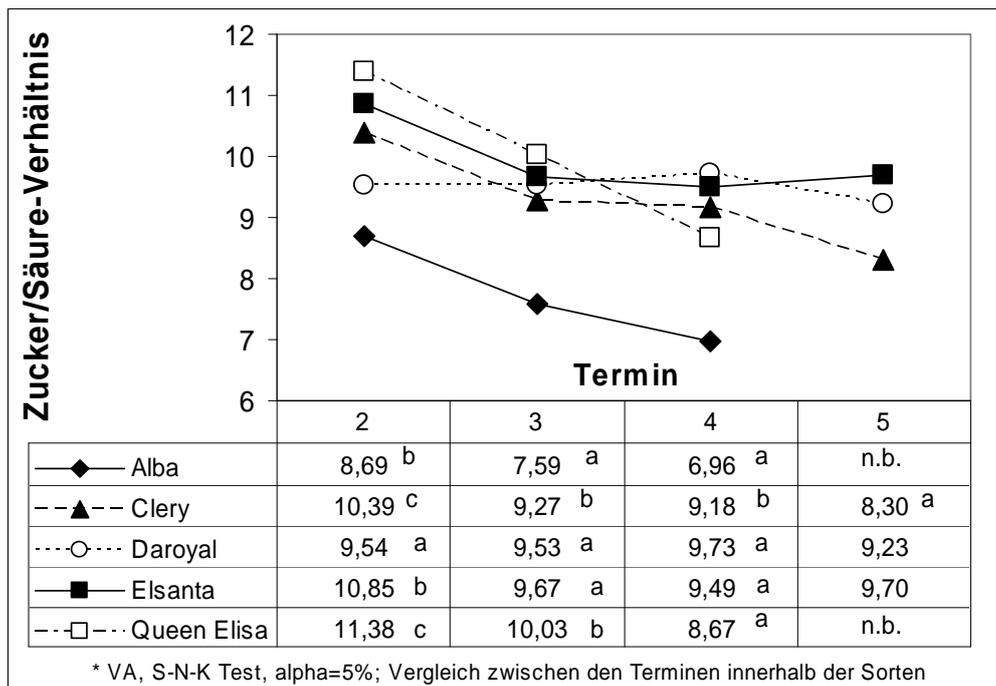


Abb. 7: Zucker/Säure-Verhältnis im Ernteverlauf

Bei ‚Clery‘ wurden die Anteile der einzelnen Zucker und Säuren bestimmt (Abb. 8 und Abb. 9). Hauptsächlich setzte sich das Zuckerprofil aus Fructose und Glucose zusammen, wobei etwas mehr Fructose als Glucose gemessen wurde. Saccharose hatte nur einen kleinen Anteil am Gesamtzucker. In Übereinstimmung mit den Werten der löslichen Trockensubstanz veränderte sich der Gesamtzuckergehalt nicht wesentlich während der Ernteperiode, erst am letzten Termin kam es zu einem leichten Anstieg. Wie alle untersuchten Sorten enthält ‚Clery‘ ein Vielfaches mehr an Zitronensäure als an Apfelsäure. Ab dem dritten Termin kam es zu einer starken Zunahme der Zitronensäure, während der Gehalt an Apfelsäure eher konstant blieb.

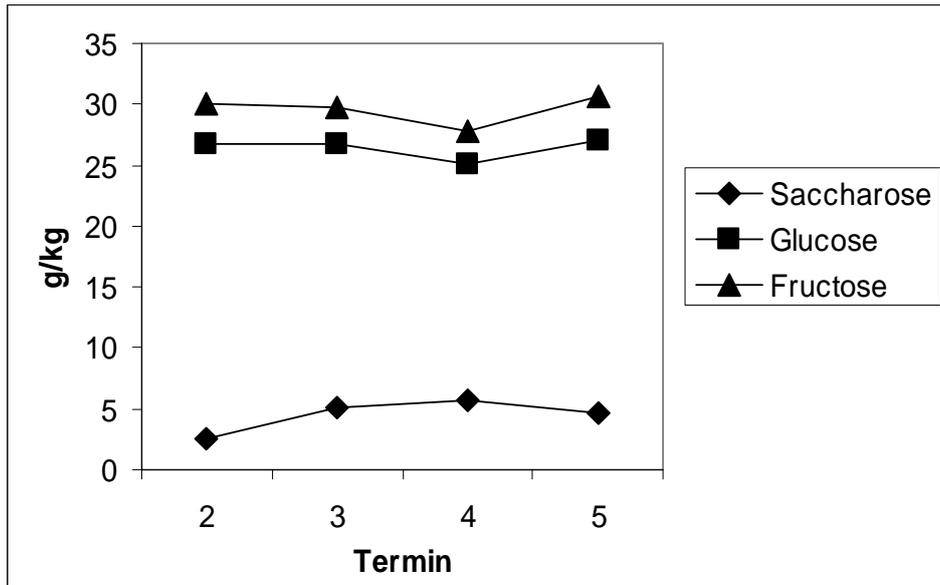


Abb. 8: Gehalt einzelner Zuckerarten im Ernteverlauf (,'Clery')

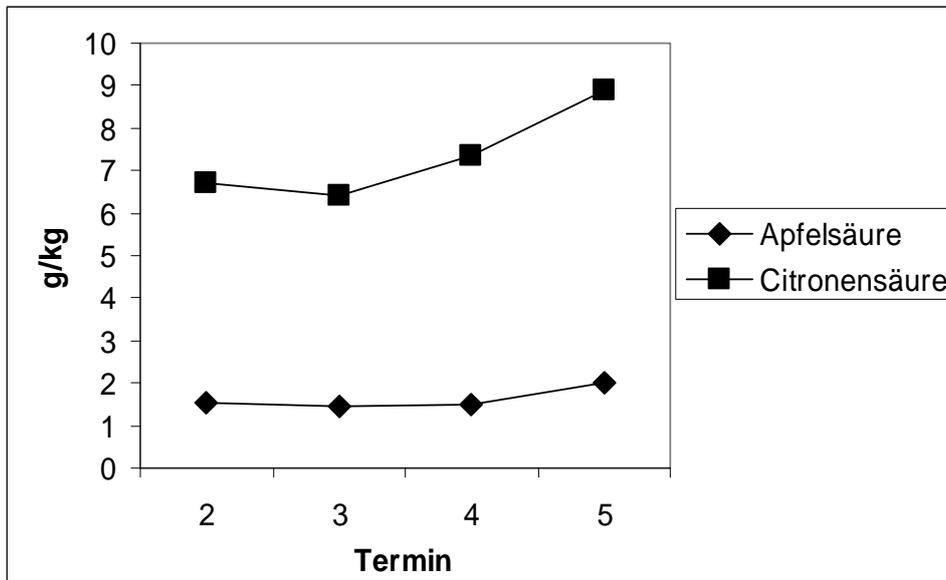


Abb. 9: Gehalt an Apfelsäure und Zitronensäure im Ernteverlauf (,'Clery')

Der Vitamin C-Gehalt war bei den Sorten ‚Alba‘, ‚Clery‘ und ‚Queen Elisa‘ am 3. Erntetermin signifikant am höchsten. Bei ‚Elsanta‘ wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt, der Vitamin C-Gehalt nahm erst beim letzten Termin leicht ab. Bei ‚Daroyal‘ gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem 2. und 3. Termin, danach wurden aber signifikant niedrigere Werte gemessen (Abb. 10).

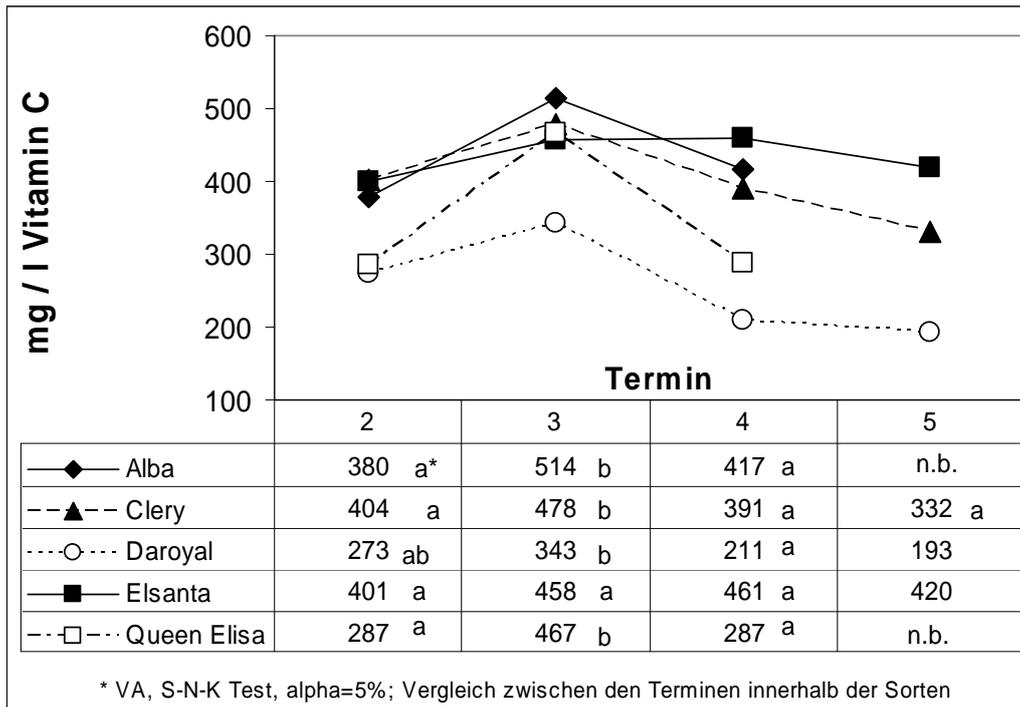


Abb. 10: Vitamin C – Gehalt im Ernteverlauf

#### Elektrochemische Parameter

Der P-Wert war am zweiten Erntetermin signifikant niedriger als am dritten Termin, wo er wiederum signifikant niedriger als an den beiden letzten Terminen war. Das erklärt sich aus dem sinkenden pH-Wert, dem steigendem rH-Wert und dem sinkenden elektrischem Widerstand (Tab. 4). Der P-Wert war bei den Sorten ‚Alba‘, ‚Elsanta‘ und ‚Daroyal‘ an den beiden ersten Ernteterminen ähnlich niedrig, dann stieg der P-Wert von ‚Daroyal‘ sehr stark und der von ‚Alba‘ mittelstark an. ‚Queen Elisa‘ und ‚Clery‘ hatten von Beginn an höhere P-Werte. Die P-Werte von ‚Clery‘ und ‚Elsanta‘ änderten sich nach dem dritten Termin nicht mehr signifikant (Abb. 11).

Tab. 4: Elektrochemische Parameter an 4 Ernteterminen (Mittelwerte von 5 Sorten)

Termin	pH-Wert		rH-Wert		elektr. Widerstand		P-Wert	
		*		*	W	*	μW	*
2	3,85	c	17,61	a	354,0	b	264	a
3	3,73	c	20,99	b	343,2	ab	482	b
4	3,69	b	22,15	c	340,7	ab	581	c
5	3,65	a	21,46	b	330,7	a	549	c

\* VA mit anschließendem S-N-K Test, alpha=5%

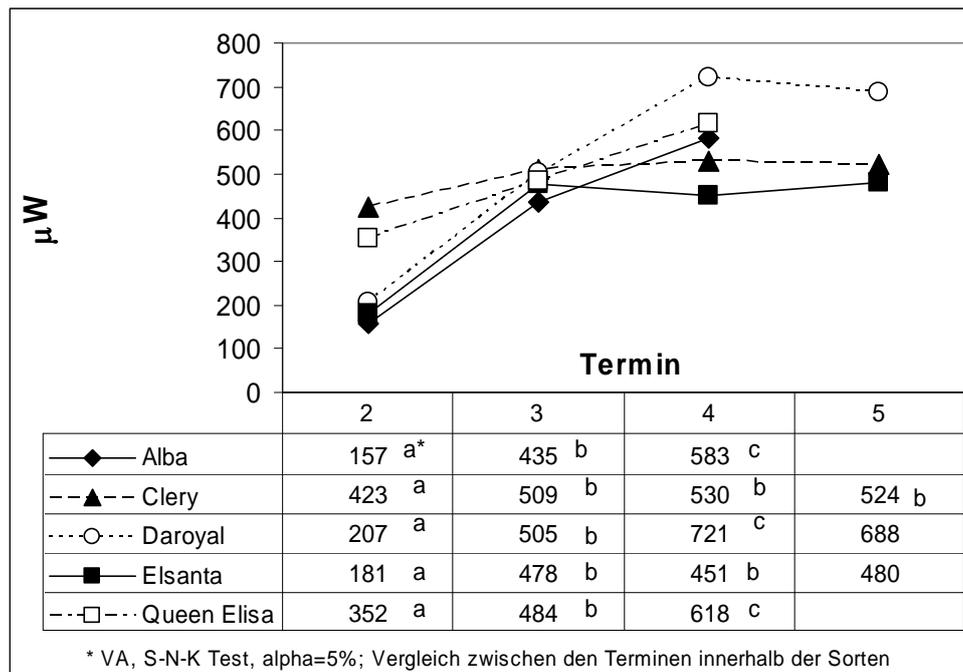


Abb. 11: Der P-Wert im Ernteverlauf

## Diskussion

### Äußere Qualitätsmerkmale

Die laufende Abnahme des Fruchtgewichts während der Ernte wurde bereits in früheren Experimenten beobachtet. Für die Pflückgeschwindigkeit und die Vermarktung ist ein hohes Fruchtgewicht jedoch von großer Bedeutung. In diesem Versuch war das Fruchtgewicht bei allen Sorten zu Ende der Ernteperiode ähnlich niedrig, unabhängig vom anfänglichen Fruchtgewicht. Bis zum dritten Erntetermin gab es jedoch erhebliche Sortenunterschiede.

Die Fruchtform ist neben der Fruchtfarbe ein wichtiges Auswahlkriterium von KonsumentInnen. Welche Fruchtform von den KonsumentInnen bevorzugt wird, ist regional verschieden. Wenn ErdbeerproduzentInnen wissen, welche Sorten sie auch auf Grund ihres Aussehens gut vermarkten können, ist es für sie wichtig zu wissen, dass sich im Laufe der Ernte die ursprüngliche Fruchtform verändern kann. ‚Alba‘ z.B. hat zu Erntebeginn eine einprägsame länglich-konische Fruchtform, mit dem Fruchtgewicht verlieren die Früchte aber deutlich an Länge. Bei Direktvermarktung kann es auch im Interesse der ErdbeerproduzentInnen sein, Sorten mit typischen Formen zu vermarkten, die Wiedererkennungswert besitzen.

Bei ‚Queen Elisa‘, ‚Alba‘ und ‚Daroyal‘ wurde während der Ernteperiode eine Abnahme der Festigkeit bemerkt, die aber nur bei ‚Queen Elisa‘ gravierend war. Eine hohe Festigkeit ist für einen schadensfreien Transport und für die Lagerung erwünscht. Es wurde aber auch festgestellt, dass KonsumentInnen Sorten mit zu hoher Fruchtfleischfestigkeit als zu hart empfinden (Weissinger, 2007).

### Inhaltsstoffe

Das Zucker/Säure-Verhältnis, das bei allen Sorten außer ‚Daroyal‘ mit zunehmender Erntedauer abnahm, ist von besonderer Bedeutung für den Geschmack. Sims et al. (1998), die sensorische Untersuchungen an Erdbeeren durchführten, berichteten vom generellen Zusammenhang zwischen dem Zucker/Säure-Verhältnis und der geschmacklichen Süße. Je höher das Zucker/Säure-Verhältnis war, desto süßer wurden die Früchte empfunden. Die Früchte hatten in diesem Versuch am Ende der Ernteperiode ein etwas niedrigeres Zucker/Säure-Verhältnis auf Grund der stärkeren Säureausprägung, dafür waren sie jedoch deutlich konzentrierter. Solche Früchte schmecken dann auf Grund eines höheren Gehalts an Gesamtzucker und Gesamtsäure intensiver, auch trotz eines niedrigeren Zucker/Säure-

Verhältnisses. Für LandwirtInnen selbst ist es sinnvoll und einfach durchführbar, den Gehalt an löslicher Trockensubstanz zu messen, welcher ein Maß für die Konzentration an Inhaltsstoffen (v.a. Gesamtzucker) und somit für einen ausgeprägten Geschmack ist, und zur Bewertung des optimalen Reifegrades heranzuziehen.

Bei einer Sorte („Clery“) wurden die einzelnen Zucker und Säuren bestimmt. In einer Arbeit von *Montero et al.* (1996), die Untersuchungen an der Sorte ‚Chandler‘ durchführten, wurden am 35. Tag nach Fruchtansatz vergleichbare Werte für Fructose (32 mg/g), Glucose (32 mg/g) und Saccharose (8 mg/g) gemessen. 1 Woche davor, am 28. Tag nach Fruchtansatz, lag der Saccharose-Gehalt noch bei knapp 20 mg/g und sank rapide, während der Gehalt an Fructose und Glucose stark anstieg. In unserer Studie dagegen war der Saccharose-Gehalt schon von Anfang an niedrig, der 28. Tag nach Fruchtansatz (an dem nach *Montero et al.* die ersten reifen Früchte geerntet werden konnten) war aber sicher schon überschritten.

*Montero et al.* berichten auch von einem Zitronensäure-Gehalt von 6 bis 8 mg/g zwischen dem 28. und 35. Tag, der danach bis zum 42. Tag bis 9 mg/g stieg, was mit unseren Werten übereinstimmt. Der Gehalt an Apfelsäure kam in der genannten Studie nie über 1 mg/g hinaus, während wir Werte zwischen 1,5 und 2,0 mg/g feststellten, was entweder an der Sorte oder an der weiter fortgeschrittenen Reife liegen kann. Auf Grund der untergeordneten Rolle der Apfelsäure, deren Gehalt auch fast konstant blieb, und auf Grund der Korrelation des Verlaufs von Zitronensäure und titrierbarer Säure kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil an Zitronensäure bestimmend für den Gesamtsäuregehalt ist.

Der Vitamin C-Gehalt ist bei Obst ein wichtiges Qualitätsmerkmal. In diesem Versuch lagen die Werte zwischen 193 und 514 mg/l, abhängig von Sorte und Erntetermin. In einer Studie von *Sone et al.* (1999) wurden Werte zwischen 159 und 1148 mg/l gemessen. Interessant war festzustellen, dass am dritten Termin die Früchte mit dem meisten Vitamin C geerntet wurden, und zwar bei allen Sorten. Danach sanken die Vitamin C – Gehalte wieder auf ihre Ausgangswerte oder tiefer. Eine Korrelation zwischen Gehalt an löslicher Trockensubstanz und Vitamin C, wovon *Sone et al.* (1999) berichteten, konnte nicht festgestellt werden.

#### *Elektrochemische Parameter*

Die Messung von elektrochemischen Parametern ist eine Möglichkeit, die ganzheitliche Qualität von Nahrungsmitteln zu erfassen. Der P-Wert lässt sich aus drei Messwerten errechnen, pH-Wert, Redoxpotential und elektrischer Widerstand. Der pH-Wert gibt Aussage über die Pufferkraft des Organismus und verläuft in unserer Studie erwartungsgemäß ungefähr negativ proportional zum Gehalt an titrierbarer Säure. Der rH-Wert ist ein Maß für das Redoxpotential. Nach *Hoffmann* (1997) korreliert ein höheres Redoxpotential mit einer höheren oxidierenden Wirkung eines Lebensmittels, während Lebensmittel mit reduktiver Wirkung gesünder für den menschlichen Körper seien. Wenn der elektrische Widerstand der Probe niedrig ist, bedeute das, dass die Zellwände durchlässiger sind, was auf eine ungenügende Qualität (nicht optimale Frische oder nicht optimaler Reifegrad, Stressbelastung etc.) hinweisen kann. In dieser Studie wurden deutliche Effekte des Erntezeitpunkts und der Sorte auf den P-Wert aufgezeigt. Bei allen Sorten war der P-Wert anfangs am niedrigsten. Im Laufe der Ernteperiode kam es zur Zunahme des Redoxpotentials und zur Abnahme des elektrischen Widerstands sowie des pH-Werts. Es fällt auf, dass die Zunahme an Inhaltsstoffen (lösliche Trockensubstanz und titrierbare Säure) mit einer Zunahme des P-Wertes und einer geringeren ganzheitlichen Qualität korreliert. Diese Korrelation muss aber nicht im kausalen Zusammenhang stehen, denn die Zunahme des P-Werts kann auch durch äußere Faktoren beeinflusst worden sein. Da die Temperatur am dritten, vierten und fünften Erntetermin höher war als am zweiten Termin (Daten nicht dargestellt), können die Sonneneinstrahlung am Feld und die Hitze beim Transport das Redoxpotential und die elektrische Leitfähigkeit erhöht haben. Da Erdbeeren Hitze generell nicht gut vertragen, können sie dadurch auch schon vor der Ernte an Qualität eingebüßt haben. ‚Daroyal‘ war die Sorte mit dem höchsten P-Wert, was sich vor allem aus einem hohen Redoxpotential ergibt. Dem hohen Redoxpotential kann zu Grunde liegen, dass die Früchte von ‚Daroyal‘ schnell überreif werden und vielleicht zur Erntezeit schon den optimalen Erntetermin überschritten hatten. Außerdem weist ‚Daroyal‘ eine schlechte

Lagerfähigkeit auf und das kann sich in der Zeit zwischen Ernte und Kühlung bei hoher Temperatur und Sonneneinstrahlung auswirken.

## Schlussfolgerung

Die Studie zeigt bei allen gemessenen Parametern einen deutlichen Einfluss des Erntetermins, der oft den Einfluss der Sorte übersteigt. Ein Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, zu welchem Erntezeitpunkt Früchte mit optimaler Fruchtqualität geerntet werden können. Wenn man von optimaler Qualität spricht, muss man wissen, welche Eigenschaften für welchen Zweck erwünscht sind und deswegen kann keine allgemeingültige Antwort gegeben werden. Das hohe Fruchtgewicht, die höhere Fruchtfleischfestigkeit, das höhere Zucker/Säure-Verhältnis und die niedrigen P-Werte sprechen für eine höhere Qualität zu Beginn der Ernteperiode, während die Konzentration an Inhaltsstoffen für eine höhere Qualität zu späteren Ernteterminen spricht. Über den Einfluss des Erntezeitpunkts auf den Vitamin C-Gehalt kann keine generelle Aussage gemacht werden. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war es, neue Sorten als Alternative zu ‚Elsanta‘ aufzuzeigen, die in Ertrag und/oder Qualität mit ‚Elsanta‘ mithalten können oder jene in manchen Eigenschaften sogar übertreffen. Alle untersuchten Sorten können auf Grund unserer bisherigen Untersuchungen (*Weissinger et al., 2009* publiziert) bedingt für einen Anbau empfohlen werden, abhängig von den Standortbedingungen und den Präferenzen der Betriebe. Die Erträge von ‚Alba‘ und ‚Daroyal‘ waren hierbei ähnlich hoch wie die von ‚Elsanta‘, während die von ‚Clery‘ und ‚Queen Elisa‘ deutlich darunter lagen. Da der Ertrag aber vom Standort und der Produktionsweise abhängt und sich unsere Ergebnisse auf nur zwei biologisch bewirtschaftete Standorte beziehen, sind diese Ergebnisse als vorläufig zu behandeln. ‚Queen Elisa‘ hatte jedenfalls außergewöhnlich große Früchte mit hohem löslichem Trockensubstanzgehalt und hohem Zucker/Säure-Verhältnis, die sich auf Grund von hoher Festigkeit optimal für den Transport und somit für die Vermarktung über den Einzelhandel eignen könnten. ‚Clery‘ schnitt bei Verkostungen gemeinsam mit ‚Daroyal‘ am besten ab (*Weissinger, 2007*) und hatte von Erntebeginn an einen hohen Gehalt an löslicher Trockensubstanz. ‚Daroyal‘ punktete durch hohe Toleranz gegenüber bodenbürtige Schaderreger und durch den erwähnten guten Geschmack, Nachteile sind die kleinen, schlecht lagerfähigen Früchte und der niedrige Vitamin C-Gehalt. ‚Alba‘'s Früchte waren sehr attraktiv, groß und fest, der Säuregehalt war aber sehr hoch, was dem Geschmack abträglich war. All diese Sorten können als ausgesprochen frühreif bezeichnet werden. Da die Nachfrage nach Erdbeeren zu Beginn der Saison sehr hoch ist, das Angebot jedoch noch relativ gering, können mit frühreifen Sorten sehr hohe Preise erzielt werden. Wie diese Studie zeigt, erreichen die Früchte zu Erntebeginn noch nicht das geschmackliche Optimum, was aber zu einer Zeit, wo die ersten heimischen Erdbeeren auf den Markt kommen, für den Absatz keine Rolle spielt. Die Früchte weisen zu Erntebeginn ein hohes Fruchtgewicht und eine höhere Festigkeit auf, und diese Eigenschaften sind wesentlich für die AbnehmerInnen, ob in der Direktvermarktung oder im Einzelhandel. Im weiteren Ernteverlauf gehen Ertrag und Fruchtgewicht zurück. Die Früchte werden zunehmend zu klein für die Frischvermarktung und die Ernte wird unrentabler, die Konzentration an Inhaltsstoffen aber steigt. Diese Früchte eignen sich bestens für die Verarbeitung zu Erdbeermus und Marmeladen, entweder am Betrieb selbst oder in Verarbeitungsbetrieben. Durch die Differenzierung in Frisch- und Verarbeitungsware kann eine optimale Wertschöpfung erzielt werden. Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass sich bestimmte Fruchtqualitätsparameter im Ernteverlauf ändern, was die Attraktivität verschiedener, zeitlich abgestufter Absatzwege für die ProduzentInnen aufzeigt.

Diese Untersuchungen wurden vom Österreichischen Landwirtschaftsministerium unterstützt (Projekt Nr. 100042).

## Literatur

- Hoffmann, M.:* Vom Lebendigen in Lebensmitteln. Deukalion, Holm (1997).
- Montero, T. M., E. M. Mollá, R.M. Esteban and F. J. López-Andréu:* Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae* **65**, 239-250 (1996).
- Sims, C. A., C. K. Chandle and T. E. Crocker:* Sensory fruit quality of strawberry cultivars in central Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **110**, 178-180 (1998).
- Sone, K., T. Mochizuki and Y. Noguchi:* Variations in ascorbic acid content among strawberry cultivars and their harvest times. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*
- Weissinger, H.:* Bewertung generativer und vegetativer Parameter von neuen Erdbeersorten im ökologischen Anbau. Diplomarbeit an der BOKU Wien (2007).
- Weissinger, H., A. Spornberger, R. Steffek, K. Jezik and K. Stich (scheduled for issue X/2009):* Evaluation of New Strawberry Cultivars for their potential use in organic farming and in *Verticillium*-infested soils. *European Journal of Horticultural Science* (2009).

# Evaluation of new strawberry cultivars for their potential use in organic farming and in *Verticillium*-infested soils

H. Weissinger<sup>1)</sup>, A. Spornberger<sup>1)</sup>, R. Steffek<sup>2)</sup>, K. Jezik<sup>1)</sup> and K. Stich<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Austria, <sup>2)</sup> Agency for Health and Food Safety, Austria and <sup>3)</sup> Vienna University of Technology, Austria)

## Summary

As part of a research project 13 cultivars were planted in 2005 at 11 sites in 5 different Austrian regions. The aim was to find new cultivars tolerant to the soil-borne pathogen *Verticillium dahliae* and to leaf/fruit diseases, with high yield and good fruit quality, to serve as alternative to 'Elsanta', a highly susceptible cultivar regarding soil-borne diseases. Infestation with *V. dahliae* was evaluated in 2005 and 2006 at 7 sites and in 2007 at 3 sites. Moreover marketable yield, percentage of different categories of unmarketable fruits, plant vigour, and incidence of the blossom weevil *Anthonomus rubi*, of chlorosis and of leaf spot diseases were assessed on 2 of the sites in 2006 and 2007.

'Elsanta' showed the highest infestation with *V. dahliae* whereas 'Salsa' and 'Daroyal' were most tolerant. 'Daroyal', 'Queen Elisa', 'Eva' and 'Dora' showed very high plant vigour. 'Dora', 'Eva', 'Queen Elisa' and 'Daroyal' recorded significantly higher losses by the blossom weevil than 'Alice'. Highest marketable yield per plant had the late ripening cultivars, particularly 'Salsa' and 'Sonata'. Of all early ripening cultivars tested, 'Darselect' showed the highest yield, followed by 'Elsanta', 'Daroyal' and 'Alba'.

Summing up all the results, 'Alba', 'Alice', 'Daroyal', 'Darselect' and 'Salsa' can be recommended for organic production. 'Elsanta' and 'Sonata' had high yield under organic farming conditions, but are highly susceptible to *V. dahliae*. 'Salsa', 'Daroyal', 'Alice', 'Record' and 'Queen Elisa' are suitable for growing in *Verticillium*-infested soils. As new alternatives to 'Elsanta', the early ripening cultivars 'Alba', 'Clery', 'Daroyal' and 'Queen Elisa' can be used, though 'Clery' and 'Queen Elisa' had rather low yield under organic farming conditions and 'Alba' and 'Clery' are only partially tolerant to *V. dahliae*. 'Divine' and 'Dora' had low yield and are susceptible to *Verticillium*-wilt and 'Record' is prone to grey mould. These cultivars cannot be recommended for organic production.

**Key words.** soil-borne pathogens – wilt – cultivar – organic farming – on-farm trials

## Introduction

Soil-borne pathogens (*Verticillium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Sclerotinia*, etc.) cause plant loss and yield decrease in many Austrian strawberry regions. A reduction through wide crop rotation is not possible because of long-living spores. The use of soil fumigants is forbidden and other methods of reducing soil-borne pathogens effectively are not found yet. 'Elsanta', the main early-mid season strawberry cultivar in parts of Europe, though convincing because of good fruit characteristics and high yield, is highly susceptible to soil-borne pathogens (BARTH et al. 2002, SPORNBERGER et al. 2005).

The aim of this study was to find new cultivars which combine tolerance to *V. dahliae* and other diseases with a high yield, a high percentage of marketable fruits and with consumer acceptance, which should be achieved by carrying out trials on farms with different farming systems and climate conditions in the main Austrian strawberry regions. To find early-ripening cultivars with these qualities is of particular interest for farmers because strawberries in the beginning of strawberry season gain high prices at the market.

First results of these trials were already published (SPORNBERGER et al. 2006). In this paper, the results of 3 following years are summarized.

## Materials and Methods

Cold stored plants of 12 cultivars ('Alice', 'Alba', 'Clery', 'Daroyal', 'Darselect', 'Divine', 'Dora', 'Eva', 'Record', 'Queen Elisa', 'Salsa', 'Sonata') and of 'Elsanta' as control were planted in April-June 2005 at 11 sites on 9 farms in 5 different regions of Eastern Austria (20-48 plants each cultivar and site, 1-4 replications per site). 2 of the farms were 'organic', all others were managed conventionally. The content of microsclerotia of *V. dahliae* in the different soils was determined using the wet-sieving method described by HARRIS et al. (1993). From each site (area on which the trial was planted) a bulked sample of 25 cores (to a depth of 20 cm) was taken using a soil borer. The infestation risk for susceptible cultivars was estimated using the scheme of HARRIS et al.: <0.3 vital microsclerotia/g soil = very low risk, 0.3-0.6 = low risk, 0.6-2.0 = medium risk, 2.0-5.0 = high risk, >5.0 = very high risk. Infestation with *V. dahliae* was evaluated in late summer at 7 sites in 2005 and 2006 and at 3 sites in 2007. Symptoms of *V. dahliae* were examined with a rating schema concerning the infestation strength: 1 = plants without symptoms, 2 = outer leaves wilting, young leaves without symptoms, 3 = young leaves stunted, 4 = plant died.

In 2006 and 2007, at 2 sites in the North East of Vienna, where plants were organically grown and no plant treatments were done, plant vigour, occurrence of leaf spot diseases (leaf scorch caused by *Diplocarpon earliana* and leaf spot caused by *Mycosphaerella fragariae*) and chlorosis were estimated with a rating schema ranging from 1 (very low) to 9 (very high). The incidence of the blossom weevil (*Anthonomus rubi*) was assessed in percentage of destroyed flowers. Marketable yield was determined and unmarketable fruits were divided according to the cause of damage.

Statistical analysis of data was made with SPSS 12.0 (Variance analysis with post hoc S-N-K-test,  $P < 0.05$ ).

## Results

### **Content of microsclerotia and plant infestation with *Verticillium dahliae***

The amount of microsclerotia of *V. dahliae* of the 11 soils ranged from <0.3 (2x) to 10.4 microsclerotia  $g^{-1}$  soil. Following amounts in between were found: 1.4; 1.5; 1.7; 3.4; 4.6; 6.6; 6.6 and 7.8 microsclerotia  $g^{-1}$  soil. The content of microsclerotia, the infestation risk and the climatic characteristics of the 7 sites where infestation with *V. dahliae* was evaluated are shown in Table 1, as well as the mean infestation degree of these sites. At 'Strebersdorf', 'Kremsmünster' and 'Gleisdorf', the degree of infestation was very low, whereas at 'Jedlersdorf' and 'Wiesen 2' it was about three times higher and at 'Wiesen 1' it was two times as high as at 'Jedlersdorf' or 'Wiesen 2'. At 'Breitstetten' many plants with heavy symptoms and many dead plants were assessed, leading to the highest infestation degree of the quoted sites.

Table 1. Infestation with *Verticillium dahliae* (means of 2005-2006 resp. 2005-2007), infestation risk and climatic characteristics of the evaluated sites

Site	Degree of infestation 1-4 ( <i>Verticillium dahliae</i> )	Microsclerotia g soil <sup>1</sup>	Infestation risk (for susceptible cultivars)	Mean annual precipitation (mm)	Mean precipitation VI-VIII (mm)	Mean annual temperature (°C)
Strebersdorf	1.07	0.0	Low	520.0	177.1	9.8
Kremsmünster	1.09	7.8	Very high	957.5	331.3	8.8
Gleisdorf**	1.12	4.6	High	817.0	342.6	8.4
Jedlersdorf**	1.33	6.6	Very high	520.0	177.1	9.8
Wiesen 2**	1.33	6.6	Very high	617.3	212.6	9.5
Wiesen 1	1.66	10.4	Very high	617.3	212.6	9.5
Breitstetten	2.00*	1.5	Medium	524.7	178.3	9.5

\* the high value is probably in part caused by plant losses due to overfertilisation  
 \*\* sites where evaluation was done in 2007

'Salsa' had hardly any symptoms of *Verticillium*-wilt at any site, all other cultivars showed more symptoms (Fig. 1). 'Salsa', 'Daroyal', 'Alice', 'Record' and 'Queen Elisa' were significantly less affected than 'Dora', 'Clery', 'Divine', 'Sonata' and 'Elsanta' and can be regarded as tolerant to *V. dahliae*. 'Elsanta' was at significance the most susceptible cultivar. The mean infestation degrees of 'Eva', 'Alba' and 'Darselect' were in the middle field. There were significant interactions between cultivar and site, cultivar and year, and site and year (data not shown).

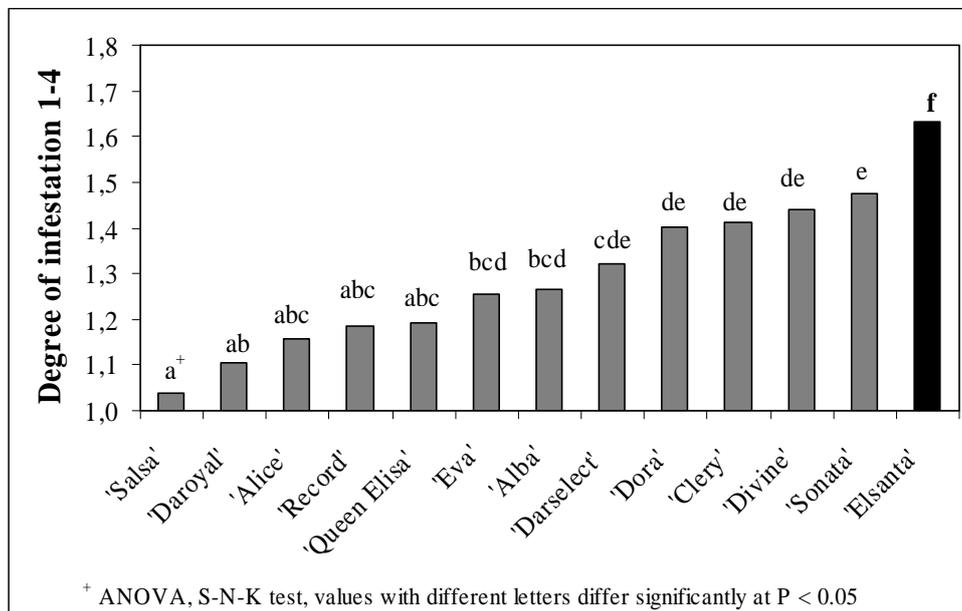


Fig. 1. Infestation with *Verticillium dahliae* (means of 2005-2007 at 7 sites)

### Ripening time and yield

'Alba' and 'Divine' were the earliest cultivars in ripening time. 'Clery', 'Daroyal', 'Queen Elisa', 'Darselect', 'Dora' and 'Eva' started with the first picking nearly the same time as 'Elsanta', all other cultivars started later (data not shown).

In general yield was higher in late-ripening than in early-ripening cultivars. In the mean of 2006 and 2007, 'Salsa' was the most productive cultivar, followed by 'Sonata', 'Record' and 'Alice'. Among the early-ripening cultivars, the traditional cultivars 'Darselect' and 'Elsanta' had the highest yield. Comparable amounts of healthy fruits were produced by 'Daroyal' and 'Alba'. The yield of 'Clery', 'Eva', 'Queen Elisa', 'Dora' and 'Divine' was lower. In 2007, yield was approximately 2/3 of 2006, except for 'Alba' which produced the same quantity of fruits in both years (Fig. 2).

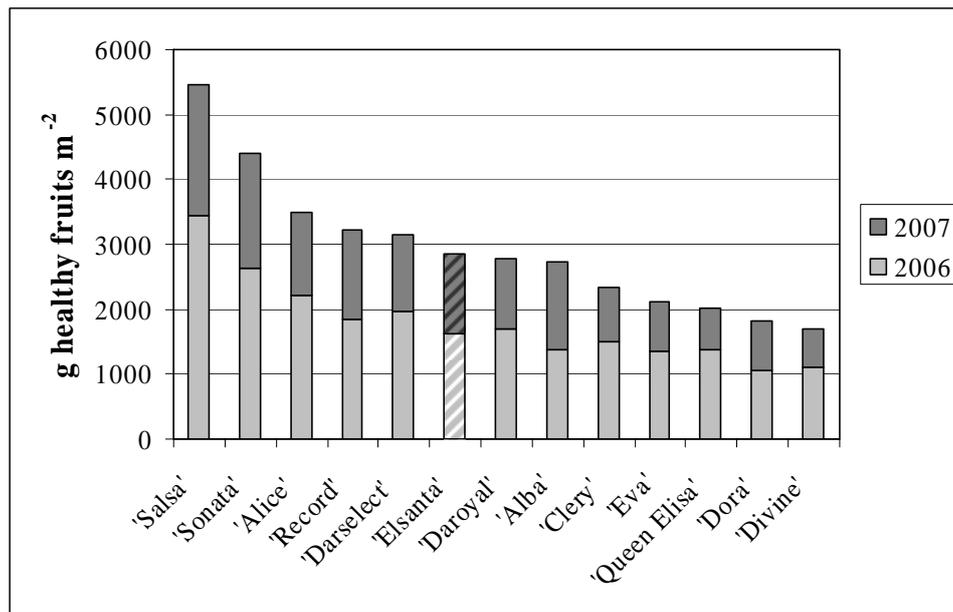


Fig. 2. Yield of healthy fruits per m<sup>2</sup> (sums of 2006 and 2007; means of 2 sites resp.)

### Percentage of unmarketable fruits

Feeding damage, infestation with *Botrytis cinerea* and desiccation (= gummy fruits) were the primary reasons for unmarketable fruits (Fig. 3). There were significant differences among the cultivars in all 3 parameters (statistical data only shown for *Botrytis*-infested fruits). The greatest losses due to unmarketable fruits showed 'Record' and 'Queen Elisa' what can be ascribed to a high susceptibility to *B. cinerea*. 'Darselect' had a high percentage of marketable fruits, as well as 'Elsanta', according to low infestation with *B. cinerea*. 'Salsa' and 'Divine' proved to be highly tolerant to grey mould. Many gummy fruits were harvested from 'Salsa', 'Alice', 'Elsanta', 'Sonata', 'Eva' and 'Divine'. In comparison, 'Alba' and 'Daroyal' produced very few fruits with such symptoms. In the end of the harvest period, especially in the second year, an increasing number of fruits with diameter <18 mm were harvested. 'Daroyal', 'Divine' and 'Clery' produced many fruits too small for marketing.

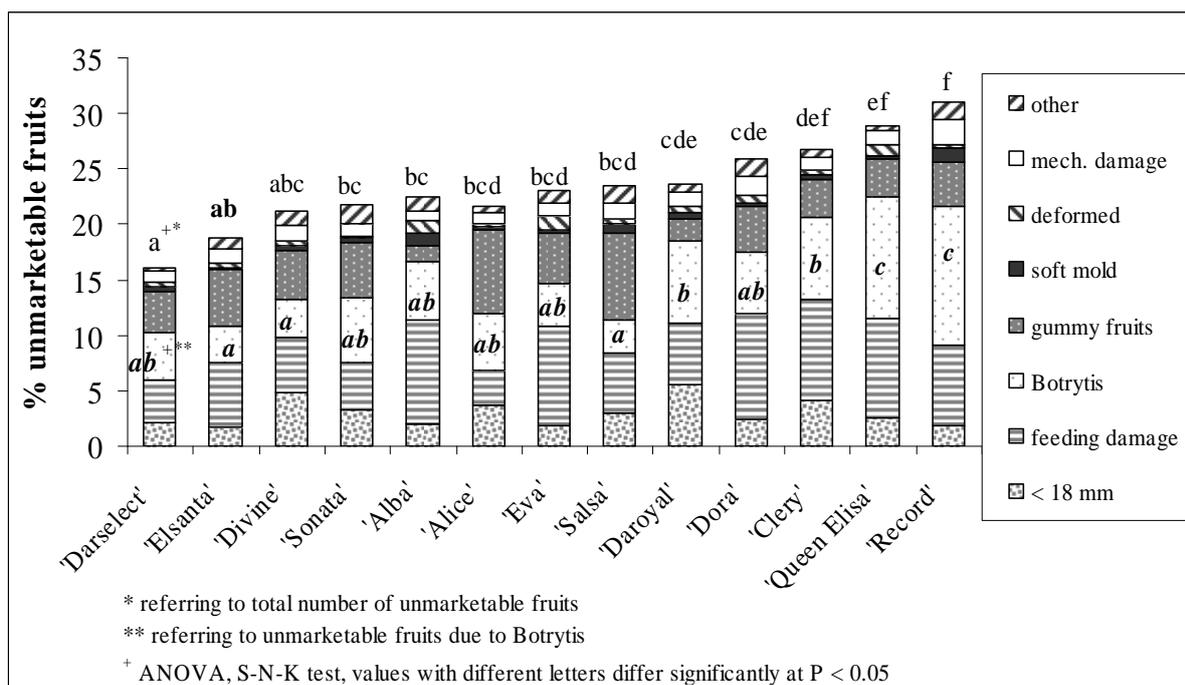


Fig. 3. Percentage and components of unmarketable fruits (means of 2006 and 2007 at 2 sites)

### **Plant vigour and incidence of chlorosis, leaf spot diseases and the blossom weevil**

'Daroyal', 'Queen Elisa', 'Eva' and 'Dora' showed high plant vigour. 'Elsanta' had a weak plant growth. In general the incidence of chlorosis and leaf spot diseases was weak to moderate, but there were significant differences between the cultivars. Infestation with leaf spot diseases (*Diplocarpon earliana* and *Mycosphaerella fragariae*) was lowest at the cultivars 'Alba', 'Queen Elisa', 'Sonata' and 'Daroyal' and highest at 'Salsa'. Chlorosis was observed at a higher level at 'Darselect', 'Elsanta', 'Sonata', 'Divine', and 'Eva'. None or hardly any problems with chlorosis had 'Queen Elisa', 'Alba' and 'Clery'. The percentage of infested flowers by the blossom weevil was between 15.4 % ('Alice') and 36.0 % ('Dora'). 'Dora', 'Eva' and 'Queen Elisa' were significantly more attacked than 'Alice', 'Darselect', 'Clery', 'Sonata', 'Divine', 'Salsa', 'Record', 'Elsanta' and 'Alba' (Table 2).

Table 2. Plant vigour, incidence of leaf spot diseases, of chlorosis and of the blossom weevil (means of 2006 and 2007 at 2 sites)

Cultivar	Plant vigour*	Infestation with leaf spot diseases*	Incidence of chlorosis*	Incidence of the blossom weevil**
'Alba'	5.11	1.56	1.20	24.4
'Alice'	4.44	2.89	2.40	15.4
'Clery'	4.33	3.11	1.40	19.3
'Daroyal'	6.78	1.89	2.60	26.6
'Darselect'	4.67	3.67	4.20	17.9
'Divine'	3.67	3.56	3.20	19.8
'Dora'	5.44	2.89	2.00	36.0
<b>'Elsanta'</b>	<b>3.56</b>	<b>3.00</b>	<b>3.60</b>	<b>21.2</b>
'Eva'	5.44	3.22	2.80	35.2
'Queen Elisa'	5.56	1.67	1.00	31.9
'Record'	4.56	4.00	1.80	21.0
'Salsa'	4.22	4.22	3.20	20.6
'Sonata'	4.44	1.78	3.60	19.5

\* 1 = very low, 9 = very high

\*\* % attacked flowers

## Discussion

### *Contents of microsclerotia and infestation with Verticillium dahliae*

The infestation risk of the sites was estimated as high or very high excluding the site 'Strebersdorf' where no microsclerotia were found at all and the site 'Breitstetten'. A good correlation between infestation degree and content of microsclerotia was only found at sites with a low mean annual precipitation. At sites where there is a mean annual precipitation of 800-1000 mm year<sup>-1</sup>, hardly any symptoms were detected despite a high or very high infestation risk. In dry regions and in periods when no irrigation is done (after harvest), infested plants suffer more than healthy plants from water stress, because *V. dahliae* produces a decrease in leaf water potential and in leaf relative water content (GOICOECHEA et al. 2000). So, besides the inoculum concentration and the cultivar, the water availability, influenced by climate, by cultivation practices like irrigation and tillage and by soil characteristics, may play an important role. DAVIS et al. (2001) studied different abiotic soil factors in relation to *Verticillium*-wilt on potato and reported on a correlation between wilt severity and organic matter content, organic N, cation exchange capacity, lime content and other soil factors. Therefore disease severity cannot be predicted precisely only by determining the content of microsclerotia. An irregular spreading of microsclerotia in a soil makes it even more difficult.

In the mean of all sites, we observed clear differences in the susceptibility between the cultivars. SHAW (1997) distinguished resistant, intermediate and susceptible strawberry cultivars, according to the inoculum concentration at which plants showed symptoms. The term 'resistance' is not precise because also from plants without wilt symptoms *V. dahliae* can be isolated. Types of strawberries with the highest degree of 'resistance' are therefore highly tolerant (OLBRICHT and ULRICH 2006). One of the most important aims of strawberry breeding is a high tolerance to soil-borne pathogens. In our study, some cultivars ('Salsa', 'Daroyal', 'Alice', 'Record', 'Queen Elisa') showed a high field tolerance towards *Verticillium*-wilt. Of these cultivars, only very few plants were affected, rare symptoms occurred only at sites with good conditions for *V. dahliae*. 'Elsanta' and 'Sonata', an offspring of 'Elsanta',

turned out to be particularly unsuitable for *Verticillium*-infested soils. Looking at all cultivars, a graduation of tolerance can be observed.

### ***Yield, average fruit weight and percentage of marketable fruits***

The early-ripening cultivars in our study had less yield than the late-ripening cultivars, but fruits of early-ripening cultivars can be sold at higher prices. 'Alba' and 'Daroyal' were ripening earlier than 'Elsanta' and had a similar yield. 'Clery', 'Eva', 'Queen Elisa', 'Dora' and 'Divine' produced less healthy fruits than 'Elsanta', at least in our trial under organic farming conditions. The low yield of these cultivars was partly due to a high number of *Botrytis*-infested fruits ('Queen Elisa' and 'Clery') and due to feeding damage ('Queen Elisa', 'Clery', 'Eva' and 'Dora'). 'Divine' had a relatively high percentage of marketable fruits, but nevertheless a low productivity. Some cultivars had a higher average fruit weight than 'Elsanta' what is, combined with a regular fruit shape, an important characteristic for marketing. In our trial, 'Elsanta' and 'Darselect' proved a low susceptibility to grey mould. The amount of gummy fruits did not correlate with a high infestation degree of *Verticillium*-wilt as was assumed before, but is probably related to water stress in general. 'Salsa' had the highest amount of gummy fruits, probably because the plants were stressed to supply the many fruits with water.

### ***Plant parameters and incidence of the blossom weevil***

High plant vigour causes effective weed suppression. Additionally, a high leaf/fruit ratio increases the sugar content of fruits (CARLEN et al. 2005). 'Daroyal', 'Queen Elisa' and 'Alba' showed high vitality and robustness against leaf spot diseases and chlorosis in contrast to the weak growing plants of 'Elsanta' and 'Divine'. In the first year, a mentionable loss of flowers due to the blossom weevil occurred only at one site, whereas in the second year the blossom weevil caused a mentionable damage at both sites. TERRETTAZ et al. (1995) set the thresholds at 10% of flowers for 1-year-old plants and 25% for 2-year-old plants. At the higher affected site, 'Queen Elisa', 'Eva' and 'Dora' recorded losses up to 50%. SIMPSON et al. (1997) found that there was a heritable basis for the susceptibility to *A. rubi*. In a paper of SIMPSON et al. (2002) 'Alice' is referred to as a rather resistant cultivar what was confirmed in our study. In our trial, early-ripening cultivars were more attacked, which may be related to the emerging time of the weevils, but there were also early-ripening cultivars with relatively few infested flowers which indicate a heritability of resistance independent of the parameter 'time of harvest'. At affected sites and especially in organic farming, the use of resistant cultivars can diminish or resolve the risk of a reduced yield.

## **Conclusive remarks**

Given the presented results, 'Alba', 'Alice', 'Daroyal', 'Darselect', 'Elsanta', 'Salsa' and 'Sonata' can be recommended for organic production, because of high yield under organic farming conditions, whereas 'Clery', 'Eva' and 'Queen Elisa' are classified as suitable for only a limited extent. 'Clery' had a weak plant vigour, paired with a high number of unmarketable fruits. 'Eva' and 'Queen Elisa' had high fruit losses due to the blossom weevil, 'Queen Elisa' produced accessorially a high amount of *Botrytis*-infested fruits. 'Divine', 'Dora' and 'Record' cannot be recommended for organic production at all, in case of 'Divine' and 'Dora' because of very low yield and in case of 'Record' because of high susceptibility towards *Botrytis*. 'Elsanta', 'Sonata', 'Divine' and 'Dora' proved to be particularly unsuitable for growing in *Verticillium*-infested soils, 'Salsa', 'Daroyal', 'Alice', 'Record' and 'Queen Elisa' proved to be suitable.

As new alternatives to 'Elsanta', the early-ripening cultivars 'Alba', 'Clery', 'Daroyal' and 'Queen Elisa' can be used, though 'Clery' and 'Queen Elisa' had low yield under organic farming conditions and 'Alba' and 'Clery' are only partially tolerant to *V. dahliae*. To see if these new cultivars meet the demands concerning fruit quality and to find good marketing strategies, their fruit characteristics were studied at different harvest dates (WEISSINGER 2008, submitted). As a result, 'Alba', 'Clery' and 'Queen Elisa' are very suitable for fresh marketing whereas 'Daroyal' is particularly suitable for processing.

## References

- BARTH, U., A. SPORNBERGER, R. STEFFEK, S. BLÜMEL, J. ALTENBURGER and H. HAUSDORF 2002: Testing of new strawberry varieties for organic production. In: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO): 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological problems in Organic Fruit-Growing and Viticulture. Proceedings to the Conference from 4th to 7th february 2002 at Weinsberg.
- CARLEN, C., A.M. POTEL, C. BELLON, and A. ANÇAY 2005: Variation of the quality of strawberries: effects of cultivar, leaf/fruit ratio, harvest period and maturity stage. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* **37(2)**, 87-93.
- DAVIS, J.R., O.C. HUISMAN, D.O. EVERSON, A.T. SCHNEIDER 2001: *Verticillium* wilt of potato: A model of key factors related to disease severity and tuber yield in southeastern Idaho. *Amer. J. of Potato Res.* **78**, 291-300.
- GOICOECHEA, N., J. AGUIRREOLEA, S. CENOZ and J.M. GARCÍA-MINA 2000: *Verticillium dahliae* modifies the concentrations of proline, soluble sugars, starch, soluble protein and abscisic acid in pepper plants. *Eur. J. Plant Pathol.* **106**, 19-25.
- HARRIS, D.C., YANG, J.R. and M.S. RIDOUT 1993: The detection and estimation of *Verticillium dahliae* in naturally infested soil. *Plant pathol.*, **42**, 238-250.
- OLBRICHT, K. and D. ULRICH 2006: Selections with outstanding disease resistance and fruit quality characteristics. *Acta Hort.* **708**, 507-509.
- SHAW, D.V., W.D. GUBLER and J. HANSEN 1997: Field resistance of California strawberries to *Verticillium dahliae* at three conidial inoculum concentrations. *HortScience* **32(4)**, 711-713.
- SIMPSON, D.W., M.A. EASTERBROOK, J.A. BELL and C. GREENWAY 1997: Resistance to *Anthonomus rubi* in the cultivated strawberry. *Acta Hort.* **439**, 211-215.
- SIMPSON, D.W., M.A. EASTERBROOK and J.A. BELL 2002: The inheritance of resistance to the blossom weevil, *Anthonomus rubi*, in the cultivated strawberry, *Fragaria x ananassa*. *Plant breeding* **121**, 72-75.
- SPORNBERGER, A., R. STEFFEK and J. ALTENBURGER 2005: Prüfung von Erdbeersorten auf biologisch wirtschaftenden Betrieben in Ostösterreich. *Mitteilungen Klosterneuburg* **55**, 32-37.
- SPORNBERGER, A., R. STEFFEK and J. ALTENBURGER 2006: Testing of early ripening strawberry cultivars tolerant to soil-borne pathogens as alternative to 'Elsanta'. *Agric. Conspec. Sci.* **71(4)**, 135-139.
- TERRETTAZ, R., Ph. ANTONIN, R. CARRON and Ch. MITTAZ 1995: Economic impact of simulated damages by the weevil on strawberry blossoms. Approach to determine a limit of tolerance. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* **27(6)**, 361-363.
- WEISSINGER, H., K. STICH, A. SPORNBERGER and K. JEZIK 2008: Influence of the harvest date on fruit quality characteristics of early ripening strawberry cultivars. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. Submitted.

# Yield and fruit quality parameters of new early-ripening strawberry cultivars in organic growing on a highly *Verticillium*-infested site

H. Weissinger<sup>1</sup>, R. Eggbauer<sup>1</sup>, I. Steiner<sup>1</sup>, A. Spornberger<sup>1</sup>, R. Steffek<sup>2</sup>, J. Altenburger<sup>2</sup> and K. Jezik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Horticulture and Viticulture, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Austria – 1180 Vienna

<sup>2</sup> Institute for Plant Health, Department Fruit Production and Viticulture, Agency for Health and Food Safety, Austria - 1226 Vienna

## Abstract

For organic strawberry production the choice of cultivar is of high importance. Specific regional characteristics and farmer's preferences have to be considered. For the last decades, 'Elsanta' has been the main cultivar in European strawberry production, on organic as well as on conventional farms, although this cultivar has a high susceptibility to soil-borne pathogens and sometimes a lack of flavour. The aim of this work was to find early-ripening cultivars suitable for organic growing in Eastern Austria to sell on the fresh market.

In spring 2007, 15 cultivars were planted on an organically managed site with a high microsclerotia content of *Verticillium dahliae* in the North of Vienna. The following parameters were assessed in 2008 and 2009: plant vigour, marketable yield, percentage and categories of unmarketable fruits, incidence of the blossom weevil, fruit quality characteristics and consumer acceptance.

Because of the high risk for *Verticillium* wilt on the site, the differences in susceptibility of the cultivars could be well documented. Some cultivars showed a medium to high tolerance to root diseases and were also convincing regarding yield and fruit quality.

As conclusion, some new cultivars could be found which can be recommended as alternatives or supplements to 'Elsanta' for organic production.

**Keywords:** *Verticillium dahliae*, strawberry, cultivar, organic farming, fruit quality

## Introduction

*Verticillium* wilt is a progressing disease in Eastern Austria, especially on sites where the crop rotations are not arranged properly and strawberries have been grown to a high extent. Nevertheless, the cultivar 'Elsanta' which is susceptible to soil-borne diseases (Barth *et al.*, 2002; Spornberger *et al.*, 2005) is still planted on many farms because of its good shelf life and its high popularity. From 2005 to 2007, a field trial on 11 sites was carried out to find alternatives to 'Elsanta' (Weissinger *et al.*, 2009). As a result, 4 early-ripening cultivars ('Alba', 'Clery', 'Daroyal' and 'Queen Elisa') with similar or better qualities in comparison to 'Elsanta' could be found. These 4 cultivars were again tested in the field trial described in this paper. Additionally several early-ripening cultivars which are already on the market in Austria, as well as not yet established cultivars which had been recommended by breeders and nurseries were included in the trial which was carried out on 11 sites in whole. The aim was to find cultivars for the fresh market which are tolerant to *Verticillium* wilt and other diseases, and have a high yield and a good fruit quality which is accepted by the consumers. In this paper only the results from one organically managed site, where yield and fruit quality parameters were assessed, are shown and discussed.

## Material and Methods

Cold stored plants of 14 cultivars ('Alba', 'Antea', 'Asia', 'Betty', 'Clery', 'Daroyal', 'Elianny', 'Figaro', 'Galante', 'Gloria', 'Marianna', 'Nr. 96.46.2', 'Queen Elisa', 'Sugar Lia') and of 'Elsanta' as control were planted in April 2007 in the experimental garden of the Institute of Horticulture and Viticulture in the Northeast of Vienna (45 plants of each cultivar, 3 replications). The site (pH 7.4; humus content 4.6%, very high nutrient contents) was highly infested with *V. dahliae* (10 microsclerotia/g soil).

The symptoms of *Verticillium* wilt were evaluated 2 times per year (2008 and 2009) for every single plant: 1 = plant without symptoms, 2 = weak plant, 3 = very weak plant, 4 = dead plant. The infestation degree was calculated as following: (number of healthy plants + 2 \* number of weak plants + 3 \* number of very weak plants + 4 \* dead plants)/total number of plants.

In 2008 and 2009 marketable yield and average fruit weight were determined and unmarketable fruits were categorised according to the cause of damage.

Fruit quality analyses were conducted for all cultivars in 2008, but only for 9 cultivars in 2009. In 2008, these 9 cultivars were considered as recommendable ('Alba', 'Antea', 'Asia', 'Clery', 'Daroyal', 'Sugar Lia') or recommendable with reservations ('Betty', 'Elsanta', 'Queen Elisa') (Eggbauer, 2009). For the concerted statistical analysis of fruit quality data, only data of these 9 cultivars were used. To assess fruit firmness (penetrometer, M1000E, Mecmesin) and skin colour (chromameter, CR-200b, Minolta) 10 fruits in 2008 resp. 15 fruits in 2009 per replication and cultivar were measured. After extracting the juice, the following parameter were determined: soluble solids content (refractometer Palette PR-101, Atago), content of titratable acid (TitroLine alpha plus, Schott) and content of ascorbic acid (Reflektometer, RQflex, Merck).

Statistical analysis of data was made with SPSS 12.0 (Variance analysis with post hoc S-N-K-test,  $P < 0.05$ ).

In 2008 and in 2009 tasting sessions were carried out where appearance and taste of fruits were rated on an open scale of 0-164 mm. Because a maximum of 6 cultivars per tasting session was chosen, 3 (2008) resp. 2 (2009) sessions were necessary. 'Elsanta' as reference was included in all sessions. Due to different numbers of ratings per cultivar, no statistical analysis was made.

## Results

As the site is highly infested with *V. dahliae*, first wilt symptoms occurred in July 2008. Since then, disease in susceptible cultivars progressed fast (data not shown). In July 2009 "groups" of 'tolerant' ('Daroyal', 'Asia', 'Alba') and 'highly susceptible' cultivars ('Galante', 'Figaro', 'Elianny') could be distinguished. In between gradual differences could be observed. 'Betty', 'Queen Elisa' and 'Clery' had a mean infestation degree below or similar 2 whereas the values of 'Sugar Lia', 'Marianna', 'Antea', 'Gloria', 'Elsanta' and 'Nr. 96.46.2' were between 2.0 and 2.5. Although 'Elsanta' is known as very susceptible to *Verticillium* wilt, it could be shown that other cultivars were even more affected than 'Elsanta'. Still, the main part of the tested cultivars showed a higher tolerance than 'Elsanta'. Especially 'Daroyal', 'Asia' and 'Alba' showed a high vitality of the plants in all 3 years (Fig. 1).

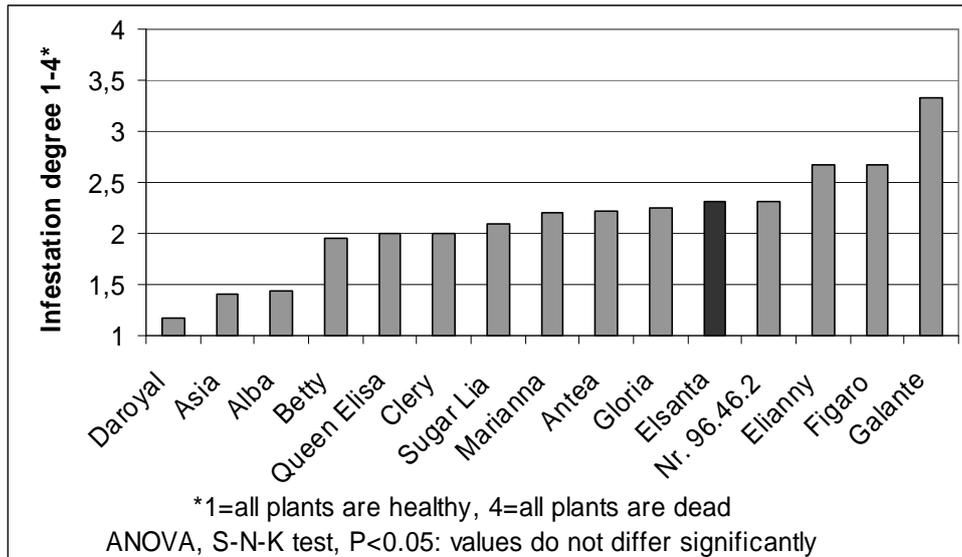


Figure 1: Infestation with *Verticillium dahliae* (2 July 2009)

In 2008, 'Queen Elisa', 'Asia', 'Alba' and 'Elsanta' were the cultivars with the highest yield. In 2009, yields were generally much lower than in 2008. 'Alba' had the highest yield, followed by 'Asia' and 'Queen Elisa'. All other cultivars, including 'Elsanta', produced much less fruits. For 'Elsanta', the difference in yield between 2008 and 2009 was particularly high. Summing up the harvest of 2008 and 2009, 'Alba', 'Queen Elisa' and 'Asia' had a significantly higher yield than all other cultivars. 'Galante' produced very few fruits and differed significantly from 'Betty', 'Marianna', 'Clery', 'Sugar Lia', 'Elsanta', 'Daroyal', 'Antea', 'Asia', 'Queen Elisa' and 'Alba' (Fig. 2).

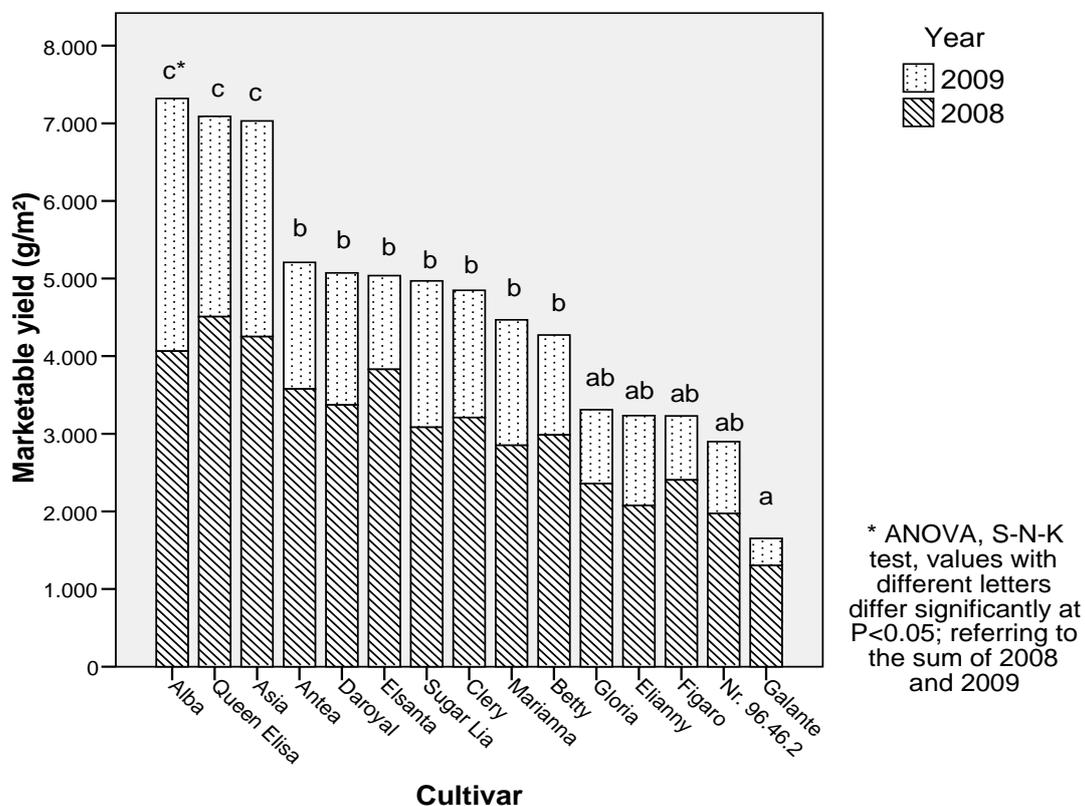


Figure 2: Marketable yield (2008 and 2009)

Depending on the cultivar, 21.84 % to 47.40 % of all fruits were unmarketable. Feeding damage, fungal diseases and desiccation (= gummy fruits) were the primary causes (Fig. 3). Fungal diseases imply infestations with *Botrytis cinerea* (grey mould), *Phytophthora cactorum* (leather rot), *Sphaerotheca macularis* (mildew) and soft mould which is caused by several pathogens. Significant differences could be observed in the parameters 'fungal diseases' and 'gummy fruits' (data not shown) which accounts for the main part of the statistical differences in '% unmarketable fruits'. 'Alba', 'Elianny', 'Asia', 'Daroyal' and 'Betty' had a low percentage of unmarketable fruits and differed significantly from 'Galante'. 'Galante', 'Marianna', 'Nr. 96.46.2', 'Gloria', 'Sugar Lia' and 'Clery' had high to medium problems with fungal fruit diseases, 'Elsanta' and 'Antea' showed a very high percentage of gummy fruits.

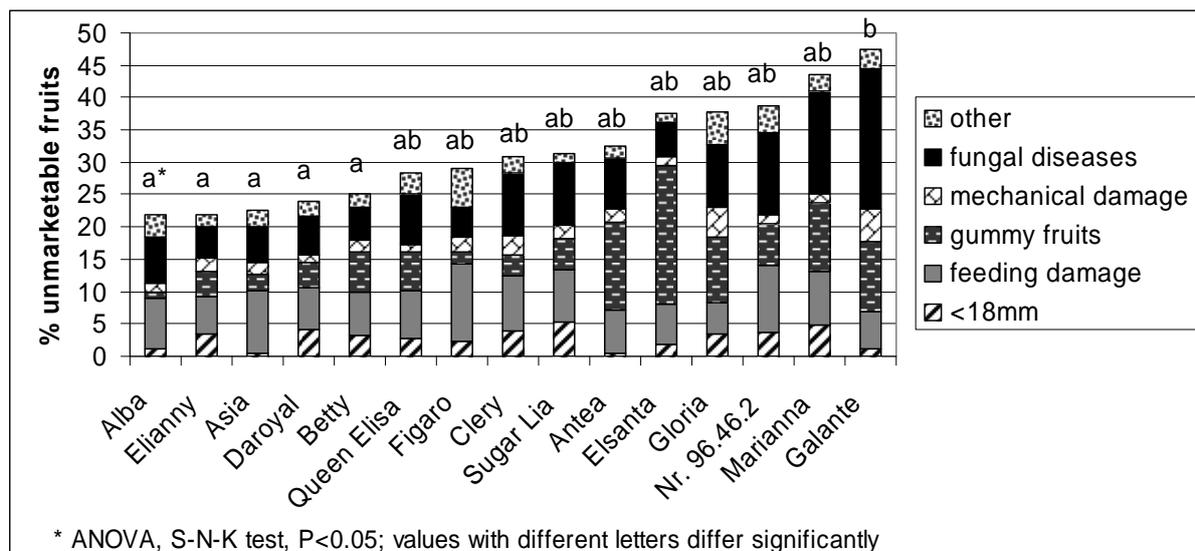


Figure 3: Percentage and components of unmarketable fruits (mean values of 2008 and 2009)

'Asia' had the highest mean fruit weight, followed by 'Alba', 'Queen Elisa', 'Sugar Lia' and 'Antea', whereas 'Elsanta' and 'Betty' had the smallest fruits. 'Daroyal' offered the highest content of soluble solids and differed significantly from 'Alba', 'Betty' and 'Asia'. When related to the amount of titratable acid, 'Clery' and 'Daroyal' had a significantly higher sugar:acid ratio than 'Alba'. Regarding the ascorbic acid content, 'Antea' showed a very high mean value, 'Daroyal' a very low one, in both cases with significant difference to all other cultivars. The fruits of 'Queen Elisa' and 'Antea' were very firm, in contrast to the fruits of 'Daroyal', 'Asia' and 'Elsanta'. Concerning the colour of the skin, fruits of 'Queen Elisa' had the highest values for brightness and colour intensity, whereas 'Daroyal' had the significantly darkest and least colour intense fruits, compared with all other cultivar (Tab. 1).

Table 1: Selected fruit quality parameters (mean values of 2008 and 2009)

Cultivar	Fruit weight		Soluble solids		Sugar:Acid ratio		Ascorbic acid		Firmness		Brightness		Colour intensity	
	g/fruit	*	°Brix	*		*	mg/l	*	kg/cm <sup>2</sup>	*	L*	*	C*	*
'Alba'	15.87	cd	6.18	a	7.03	a	587	ab	0.85	b	37.30	bcde	42.67	de
'Antea'	13.58	bc	7.65	bc	8.92	ab	929	c	1.27	c	37.71	cde	41.65	cd
'Asia'	16.72	d	6.57	ab	7.99	ab	528	ab	0.66	a	36.79	bcd	40.31	bc
'Betty'	10.80	a	6.56	ab	8.31	ab	524	ab	0.89	b	35.92	b	38.94	b
'Clery'	12.76	ab	7.50	bc	9.66	b	628	b	0.89	b	36.20	bc	40.36	bc
'Daroyal'	12.20	ab	8.23	c	9.26	b	473	a	0.64	a	33.44	a	36.71	a
'Elsanta'	10.43	a	7.68	bc	8.01	ab	654	b	0.71	a	36.73	bcd	38.58	b
'Queen Elisa'	14.26	bc	7.40	bc	8.82	ab	594	ab	1.33	c	38.49	e	44.27	e
'Sugar Lia'	13.86	bc	7.45	bc	8.22	ab	607	ab	0.91	b	37.98	de	42.17	cd

\* ANOVA, S-N-K test, values with different letters differ significantly at P<0.05

There were only minor differences in the results obtained from the tasting sessions. As an overall result, appearance was rated higher than taste with exception of 'Daroyal'. Regarding the appearance of fruits, 'Alba' and 'Asia' were appreciated most whereas the rating of taste was lowest in these cultivars. The test people liked the taste of 'Clery' and 'Daroyal' best. 'Elsanta' was neither appreciated for its appearance nor for its taste. By trend, similar values could be assessed in 2008 and 2009 (data not shown). In 2009 all values were slightly lower which can be explained by the lower vitality of the plants and the moist weather conditions during the harvest.

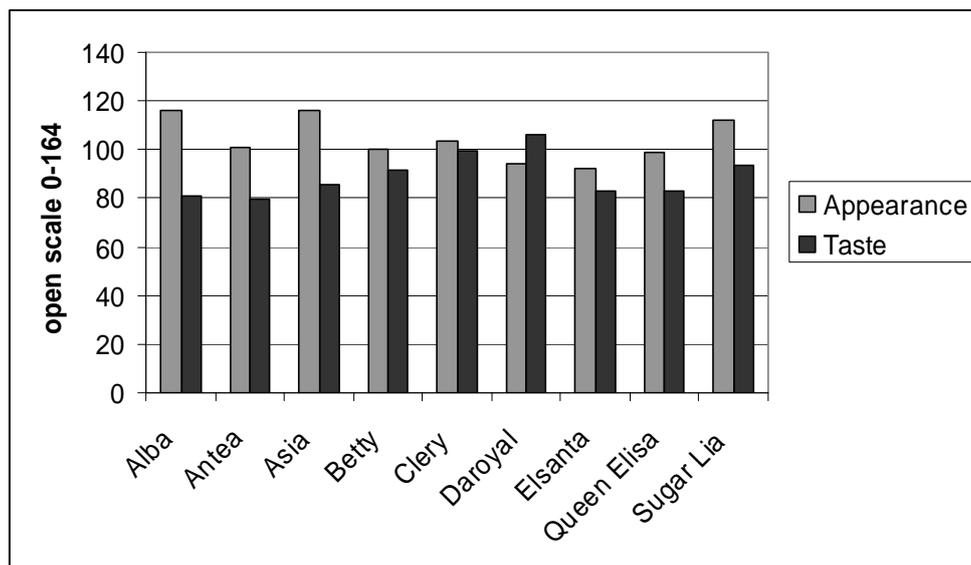


Figure 4: Consumer approval (mean values of 2008 and 2009; a total of 5 tasting sessions)

## Discussion

'Alba' and 'Queen Elisa' had much higher yields than 'Elsanta', in contrast to the trial 2005-2007 where their yields were lower than those of 'Elsanta'. The higher productivity of 'Alba' and 'Queen Elisa' in this trial in comparison to 'Elsanta' corresponds to a higher plant vitality of those cultivars. This is the same for 'Asia', 'Antea' and 'Daroyal' which all had a higher yield and a lower infestation with *V. dahliae* than 'Elsanta'. In contrast, 'Galante' had the highest number of plant losses and by far the lowest yield. To sum up, the low marketable yield of susceptible cultivars in 2009 was on the one hand due to the loss or weakness of plants, on the other hand due to a high number of gummy fruits which results from the myzel of *V. dahliae* in the rhizom blocking the water transport from the roots to the fruits. To

conclude, cultivars which were considered as the most interesting in the field trial 2005-2007 ('Alba', 'Clery', 'Daroyal' and 'Queen Elisa') proved their worth again, taking into account yield, vitality and fruit quality. 'Alba' turned out to be most convincing when summarizing important characteristics as tolerance to *Verticillium* wilt, yield, high percentage of marketable fruits and appearance of fruits. One drawback is the low sugar:acid ratio which relates to a low acceptance of the consumers. 'Clery' and 'Daroyal' proved to have the best taste of the tested cultivars. Despite the good fruit quality characteristics, 'Clery' had some problems with grey mould and fruit mildew. One drawback of 'Daroyal' are the dark and soft fruits which get overripe and therewith unattractive quickly, one big advantage are the outstandingly robust and vigorous plants.

'Asia' had very similar characteristics to 'Alba' and can therefore be recommended for organic farming and *Verticillium*-infested soils so far. 'Asia' produced slightly larger, softer and darker fruits than 'Alba'. 'Queen Elisa' had a high yield in this trial in contrast to the results of the trial 2005-2007 when the yield of 'Queen Elisa' was rather low. In 2006 and 2007 'Queen Elisa' appeared to be extremely susceptible to grey mould, an observation which could not be confirmed in the trial described in this paper because the percentage of *Botrytis*-infested fruits was average in comparison to the other tested cultivars. In terms of appearance of fruits, 'Queen Elisa' is a very recommendable cultivar, not so in terms of taste. In addition to the already mentioned cultivars, 'Betty', 'Sugar Lia' and 'Antea' appeared to be possible alternatives for 'Elsanta', but have some larger disadvantages. 'Galante' performed very poorly, not much better did 'Figaro', 'Nr. 96.46.2', 'Gloria' and 'Marianna', what was the reason for being excluded from the fruit quality analyses in 2009. Many plants of 'Galante' and 'Figaro' died off after the harvest in 2008. 'Marianna' and 'Nr. 96.46.2' showed a slightly higher tolerance to *V. dahliae* than 'Galante', but had big problems with fruit rots, especially with grey mould, and are therefore not recommendable for organic farming. 'Elsanta' is still recommendable for not-infested soils, regarding yield, whereas for infested soils other cultivars should be favoured. But also on healthy soils, 'Elsanta' could be replaced by cultivars with tastier and larger fruits. For further conclusions, the results from the other sites have to be included which will be done in a different publication.

## Acknowledgements

Thanks to the Austrian Ministry of Agriculture for the financial support of the project and to the gardeners of the experimental garden of the Institute of Horticulture and Viticulture in Vienna-Jedlersdorf.

## References

- Barth, U., Spornberger, A., Steffek, R., Blümel, S., Altenburger, J., Hausdorf, H. (2002). Testing of new strawberry varieties for organic production. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (FÖKO): 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological problems in Organic Fruit-Growing and Viticulture. Proceedings to the Conference from 4th to 7th february 2002 at Weinsberg.
- Eggbauer, R. (2009). Untersuchung der Eignung neuer früh reifender Erdbeersorten für den Bio-Landbau hinsichtlich vegetativer, generativer und fruchtqualitätsbezogener Parameter. (Evaluation of new early strawberry cultivars for organic farming: vegetative, generative and fruit quality parameters.) Diploma thesis, Universität für Bodenkultur, Vienna.
- Spornberger, A., Steffek, R., Altenburger, J. (2005). Prüfung von Erdbeersorten auf biologisch wirtschaftenden Betrieben in Ostösterreich. *Mitteilungen Klosterneuburg* **55**: 32-37.
- Weissinger, H., Spornberger, A., Steffek, R., Jezik, K., Stich, K. (2009). Evaluation of new strawberry cultivars for their potential use in organic farming and in *Verticillium*-infested soils. *European Journal of Horticultural Science* **74(1)**: 30-34.

# Field resistance of early-ripening strawberry cultivars under different site conditions in Austria

Helene Weissinger <sup>a</sup>; Andreas Spornberger <sup>a</sup>; Robert Steffek <sup>b</sup>; Josef Altenburger <sup>b</sup>; Karl Stich <sup>c</sup>; Karoline Jezik <sup>a</sup>

<sup>a</sup> University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Austria

<sup>b</sup> Agency for Health and Food Safety, Austria

<sup>c</sup> Vienna University of Technology, Austria

## Abstract

In this study, 15 cultivars were evaluated on 11 sites in Austria regarding their susceptibility to root and leaf diseases. The main aim was to find cultivars with field resistance to *Verticillium dahliae* and other soilborne pathogens and to explore the interactions between cultivars and sites. 'Daroyal', 'Clery', 'Asia', 'Betty', 'Queen Elisa' and 'Alba' showed a comparably high vitality on all sites and a low number of plant losses on one site highly infested with *V. dahliae*. Cultivars susceptible to *Verticillium* wilt were also prone to root diseases on non-infested sites. In addition, interactions between cultivars and sites played a significant role.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, strawberry, cultivars, *Verticillium*, field resistance, soilborne pathogens

## Introduction

Root and rhizome diseases (caused by *Verticillium* sp., *Phytophthora* sp., *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. and root-lesion nematodes) are a main limiting factor in strawberry cultivation worldwide. Generally, soilborne diseases are difficult to control. Particularly, methods to reduce the pest inoculum in the soil such as biofumigation and use of antagonistic microorganisms are still lacking efficiency.

In Central Europe, the most important cultivar still is 'Elsanta' which is known to be prone to root diseases. To find alternatives to 'Elsanta', a field trial with early ripening strawberry cultivars on several farms was established. The main aim of this study was to investigate the susceptibility or resistance of the cultivars to soilborne pathogens in general, to *V. dahliae* in particular, as well as to leaf diseases and pests. The results of the investigation of vegetative parameters are shown in this paper, whereas the results regarding yield parameters of the same cultivars are already published in a paper of Weissinger et al. (2010).

There are breeding efforts for *Verticillium*-resistant cultivars in some countries since fumigation with methylbromide is forbidden. However, the availability of resistant cultivars is still scarce. Resistance in strawberry is polygenic and works against a broad range of different *V. dahliae* strains although a low level of cultivar-strain interaction exists (Gordon et al., 2006). Genetic factors or physiological processes controlling resistance are widely unknown (Klosterman et al., 2009), which complicates resistance breeding.

To estimate the infestation risk of *Verticillium* wilt, the soil can be analysed prior to planting. Susceptible cultivars should not be grown on infested soils. Due to the diversity of the investigated sites (in terms of farm management, soil characteristics, inoculum of *V. dahliae*, and climate), another aim of this study was to find out if there are cultivars with a general field resistance, which therefore can be recommended for any site, or if there are a lot of interactions between cultivars and sites.

## Material and Methods

In spring 2007, cold stored plants of 15 cultivars (Table 1) were planted on 11 sites in Austria. Before planting, soil parameters as pH, humus content and amount of microsclerotia of *V. dahliae* in the soil [according to the method described in Harris et al. (1993)] were analysed on each site. Climate data were collected by ZAMG (2010) (Table 2). Inoculum of *V. dahliae* ranged from 0 to 10 microsclerotia per gram soil. 'Jedlersdorf', 'Kremsmünster' and 'Wiesen 1' were sites with a very high infestation risk for *Verticillium* wilt, 'Gschmeier' and 'St. Ruprecht' were sites with a high risk, 'St. Georgen', 'Grafenegg' and 'Pötsching' were sites with a medium risk. In 'St. Egyden', 'Stammersdorf' and 'Wiesen 2' no microsclerotia were found. Five sites had an alcalic soil, three sites had a pH 6-7 and one site had a pH <6. All sites were owned by farmers and managed individually. In 'Jedlersdorf', 'Stammersdorf' and 'Wiesen 2', strawberries were produced under organic guidelines.

Table 1: Origin and source of plants of the tested cultivars

Cultivar	Origin (breeder)	Source
,Alba'	New Fruits (I)	Bayer (A)
,Antea'	CIV (I)	Hege (D)
,Asia'	New Fruits (I)	Hoffelner (A)
,Betty'	Ciref (F)	Hege (D)
,Clery'	CIV (I)	Bayer (A)
,Daroyal'	Darbonne (F)	Bayer (A)
,Elianny'	Vissers (NL)	Hoffelner (A)
,Figaro'	Fresh Forward (NL)	Bayer (A)
,Galante'	California Giant (USA)	Hege (D)
,Gloria'	California Giant (USA)	Hege (D)
,Marianna'	Häberli (CH)	Hege (D)
,Queen Elisa'	ISF (I)	Faedi (I)
,Sugar Lia'	ISF (I)	Faedi (I)
,Vale'	ISF (I)	Faedi (I)
Standard		
,Elsanta'	PRI (NL)	Bayer (A)

Table 2: Site characteristics

Name of site/ Site parameters	Mean annual temperature 2007-2009 (°C)	Mean annual precipitation 2007-2009 (mm)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Humus content (%)	<i>V. dahliae</i> – microsclerotia/g soil	Infestation risk*	Management
Grafenegg	10.4	645	7.5	1.8	0.8	Medium	Conventional
Gschmeier	10.7	902	6.7	2.9	4.0	High	Conventional
Jedlersdorf	11.4	552	7.4	4.6	10.0	Very high	Organic
Kremsmünster	10.0	1073	6.6	3.3	7.2	Very high	Conventional
Pöttsching	10.7	721	7.4	2.4	0.8	Medium	Conventional
St. Egyden	10.7	721	7.3	3.1	<0.2	Very low	Conventional
St. Georgen	10.0	798	5.6	4.2	1.2	Medium	Conventional
St. Ruprecht	10.9	891	6.0	3.4	2.8	High	Conventional
Stammersdorf	11.4	552	7.5	4.4	<0.2	Very low	Organic
Wiesen 1	10.7	721	7.5	2.1	6.8	Very high	Conventional
Wiesen 2	10.7	721	7.5	2.8	<0.2	Very low	Organic

\* Infestation risk when using a susceptible cultivar, such as 'Elsanta' (Harris et al., 1993, modified)

Mean annual temperature and mean precipitation was provided by ZAMG (2010).

After the harvest season 2008, strawberry plants were cleared in 'Wiesen 1' and 'Wiesen 2'. The reason was severe plant losses, which was not affordable for the farmers. The data from these sites were only used for the comparison of cultivars, not for the comparison of sites since data was collected only in 2007.

In the planting year, plant vigour (with a scale from 1-9; 1 = very low, 9 = very high), chlorosis, infestation with leaf mildew (*Sphaerotheca macularis*) and incidence of tarsonemid mite (*Phytonemus pallidus fragariae*) (scale 1-9; 1 = no symptoms, 9 = very heavy symptoms) were assessed. In 2008 and 2009, soil cover (estimation of covered surface in %) and plant losses (areas with dead plants or very weak plants, scale 1-9; 1 = no plant losses, 9 = all plants dead) and infestation with leaf spot diseases (leaf scorch caused by *Diplocarpon earliana* and leaf spot caused by *Mycosphaerella fragariae*) were assessed in addition to the parameters observed in 2007. Angular leaf spot (*Xanthomonas fragariae*) which was observed in 2008 on one site, was also assessed with a scale from 1-9. In 2009, chlorosis symptoms were only assessed on the sites with pH >7 because on the other sites symptoms were unconsiderable. On the site 'Jedlersdorf', symptoms of *Verticillium* wilt were evaluated once a year for every single plant: 1 = plant without symptoms, 2 = weak plant, 3 = very weak plant, 4 = dead plant. The infestation degree was calculated as follows: (number of healthy plants + 2 \* number of weak plants + 3 \* number of very weak plants + 4 \* dead plants)/total number of plants.

## Results and Discussion

### Vegetative field parameters of the cultivars

In Table 3, the results of vegetative field parameters (means of 3 years) are shown. 'Daroyal' had the highest plant vigour (7.67) and soil cover (93.06 %). 'Queen Elisa', 'Clery', 'Gloria', 'Marianna' and 'Asia' also showed high values of plant vigour (>6.5). 'Daroyal', 'Clery', 'Queen Elisa' and 'Antea' had >80 % soil cover which is of special importance for organic growers who are not allowed to use herbicides. 'Elianny' was the cultivar with the lowest

plant vigour and 'Elsanta', 'Figaro' and 'Galante' had a very poor soil cover with values around 65 %.

The number of plant losses was lowest in 'Daroyal' and highest in 'Elsanta', 'Figaro' and 'Galante'. A relation of the estimation of soil cover and of the extent of plant losses is obvious, so both parameters can be seen as parameters for plant vitality, whereas plant vigour refers more to the growth character of the plants, taking into account the vertical growth.

The reasons for plant losses were various and may be ascribed to the infestation with soilborne pathogens, assumingly *V. dahliae*, *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp. and nematode species, such as *Pratylenchus penetrans*. Incidence of *V. dahliae* was proven for most sites as microsclerotia could be found in the soil and *V. dahliae* was re-isolated from plants of these sites. Nevertheless, a mixture of different pathogens may be responsible for the plant losses. On the site 'Wiesen 2' for example, where no microsclerotia of *V. dahliae* were detected, a severe infestation with root-lesion nematodes occurred.

Regarding chlorosis, 'Marianna', 'Galante', 'Elianny', 'Gloria' and 'Figaro' were rated >3. In the case of 'Galante' and 'Figaro', chlorosis was associated with a high number of plant losses indicating a high susceptibility to soilborne diseases. In a late stage of the disease heavy chlorosis was observed. In the case of 'Marianna', it is a clear matter of high susceptibility to iron deficiency as otherwise healthy plants had chlorotic leaves.

Leaf mildew was only observed to a noticeable extent in 'Elsanta' and in 'Elianny', all other cultivars showed low incidence. Infestation with leaf spot diseases was of minor importance in all cultivars and there were only slight symptoms, in conventional and in organic farms. No great differences between cultivars could be detected. Bacterial angular disease was found on one site in 2008, and especially in cultivar 'Sugar Lia' (5.0). In 2009, no symptoms were observed. Tarsonemid mite infestation was observed in 2007. All cultivars showed leaf wrinkling, but the least was seen in the cultivar 'Elsanta' and most was seen in the cultivar 'Antea'. Curled leaves due to the tarsonemid mite are often observed in open field in the planting year, but damage appears to be low in consecutive years.

There are only few detailed results about vegetative parameters of other experiments in Europe regarding these cultivars. Either testing was done only for one year, on one site or without repetition, or incidence of diseases was very low. In an article of Krüger (2008), 'Daroyal' and 'Asia' were described as robust and vigorous, whereas 'Figaro' had some problems with soilborne diseases. In an experiment in Switzerland on 900 m sea level, 'Clery' showed severe symptoms of leaf spot diseases what led to depressed growth (Suter and Häseli, 2007).

Table 3: Vegetative parameters of the cultivars on 11 sites (2007-2009)

Cultivar	Plant vigour**	Soil cover (%)	Plant loss***	Chlorosis*	Leaf mildew*	Leaf spots*	Angular leaf spot*	Tarsonemid mite*
	11 sites (2007 + 2008), 9 sites (2009)	9 sites (2008+ 2009)	9 sites (2008+ 2009)	8 sites (2007), 9 sites (2008) 5 sites (2009)	2 sites (2007), 5 sites (2008), 6 sites (2009)	8 sites (2008), 6 sites (2009)	1 site (2008)	5 sites (2007)
,Alba'	5.79	78.19	2.06	2.20	2.20	1.82	1.50	2.20
,Antea'	6.46	82.36	1.82	2.78	2.76	2.27	2.00	4.10
,Asia'	6.51	79.44	1.94	2.34	2.56	1.95	1.50	3.30
,Betty'	5.95	79.31	1.97	2.27	1.60	2.13	2.00	3.20
,Clery'	6.67	84.86	1.59	1.54	2.56	2.34	1.50	2.40
,Daroyal'	7.67	93.06	1.15	2.63	1.92	2.11	2.50	2.00
,Elianny'	5.42	76.11	2.38	3.51	3.24	2.25	2.50	1.80
,Elsanta'	5.88	66.11	3.24	2.44	4.38	2.29	1.50	1.20
,Figaro'	5.54	66.25	3.09	3.17	2.29	2.43	2.00	2.00
,Galante'	5.68	65.57	3.15	3.53	2.21	2.33	1.50	2.70
,Gloria'	6.60	78.19	2.26	3.39	1.96	2.57	1.00	2.40
,Marianna'	6.58	77.64	2.38	4.05	2.71	2.29	1.50	1.40
,Queen Elisa'	7.02	82.96	1.85	1.63	2.20	1.63	2.00	2.00
,Sugar Lia'	6.39	77.50	2.15	1.59	1.68	2.07	5.00	3.30
,Vale'	6.15	79.50	2.09	2.83	2.41	1.77	1.50	2.80

\* Scale 1-9: 1 = no symptoms, 9 = very heavy symptoms

\*\* Scale 1-9: 1 = very low, 9 = very high

\*\*\* Scale 1-9: 1 = no plant losses, 9 = all plants dead

### **Verticillium wilt on the site 'Jedlersdorf'**

In 'Jedlersdorf', where definite symptoms of *Verticillium* wilt were determined and runners were removed every year, single plants were assessed. The course of disease over 3 years is illustrated in Figure 1. In the planting year, 'Elianny' had the most severe symptoms. 'Elsanta' had vital plants in the first year, but was the most susceptible cultivar in 2008. From 2008 to 2009, infestation degree of 'Elsanta' only increased slightly whereas in most cultivars, the infestation degree of 2009 was much higher than in 2008. For example, the plants of 'Queen Elisa' and 'Antea' were healthy until summer 2008, but showed severe symptoms in 2009.

Taking the means of all 3 years, 'Galante' was significantly more infested than 'Antea', 'Queen Elisa', 'Alba', 'Asia' and 'Daroyal'. 'Daroyal' as the most resistant cultivar differed significantly from 'Figaro', 'Elianny' and 'Galante'.

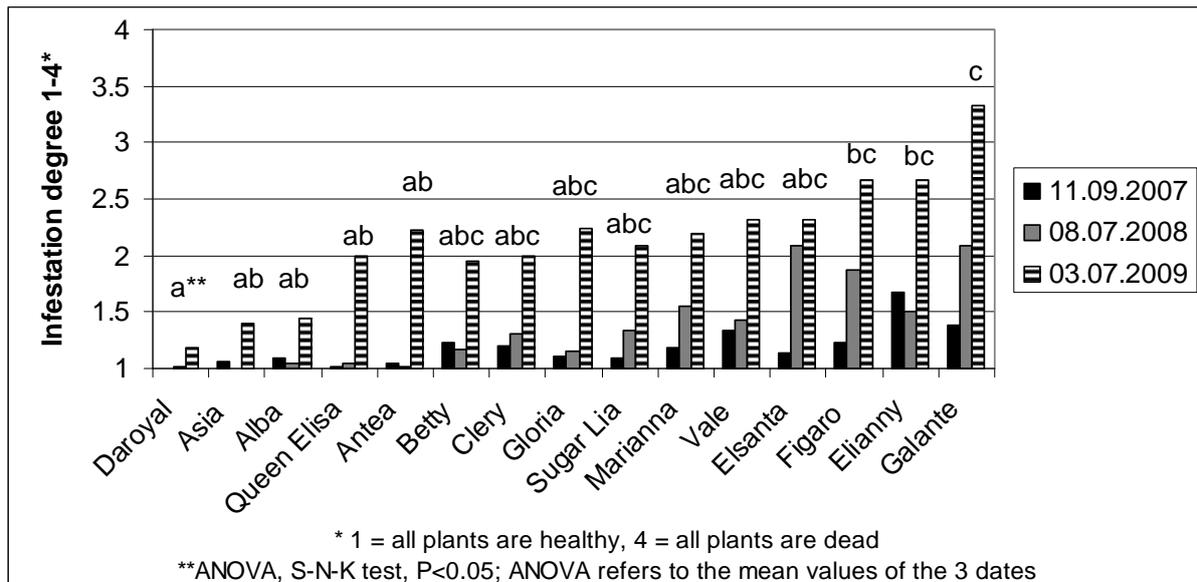


Figure 1: Infestation degree of *V. dahliae* (site 'Jedlersdorf', 2007-2009)

The high resistance to *Verticillium* wilt of 'Daroyal' is in contrast to the study of Dressler et al. (2010), where cultivars were artificially inoculated with a mixture of 7 isolates of *V. dahliae* originated from various regions of Germany and Poland. 'Daroyal' was classified as a highly susceptible cultivar whereas 'Asia' and 'Elianny' were classified as medium susceptible cultivars. This phenomenon is also referred to in a paper of Olbricht and Hanke (2008), where they report that there are cultivars susceptible to *Verticillium* after inoculation in the greenhouse, but showing a high field resistance under natural conditions. From experimental stations in Germany and Switzerland, 'Daroyal' is described as a robust cultivar with high plant vigor, but there are no results concerning *Verticillium* wilt since the sites in the experiments were not infested. Weissinger et al. (2009) showed in a previous study that, when 'Daroyal' was grown on six sites with medium to very high infestation risk, 'Daroyal' was less susceptible than all other tested cultivars with the exception of 'Salsa'. In that trial, 'Elsanta' was significantly more infested than 'Clery', 'Alba', 'Queen Elisa' and 'Daroyal', whereupon 'Clery' again was significantly more infested than 'Daroyal'.

The onset of the disease (if in the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> year of production), is economically very important for the producer. For the cultivars 'Queen Elisa' and 'Antea', a 2-year-cultivation can be recommended for sites with a high *Verticillium* risk, whereas it was documented that yield in the 3<sup>rd</sup> year was reduced due to wilting, also leading to a high amount of gummy fruits. In both harvest years, yield of 'Galante', 'Elianny' and 'Figaro' was very low on the site 'Jedlersdorf'. Yield of 'Elsanta' was higher than yield of 'Daroyal' in 2008, but clearly lower in 2009 (Weissinger et al., 2010). The susceptibility of 'Figaro' is confirmed in a cultivar trial conducted in Poland (Masny and Zurawicz 2009).

The different onset of the wilt may be due to different grades of both resistance and tolerance. One point is how fast the pathogen enters the xylem and leads to systemic infection, the other to which extent the plant can keep its vitality despite the presence of a pathogen, that means, if tolerance mechanisms are effective. According to a study by Shaw et al. (2010), 60 % of the genetic variation for visual symptom expression can be explained by differences in the extent of petiole colonisation. The rest of 40 % of the genetic variation may be ascribed to a plant's capacity to tolerate the presence of the pathogen. Shaw et al. (2010) proposed to use quantitative polymerase chain reaction (PCR) to assess the frequency of colonisation of *V. dahliae* in the selection process.

The rapid symptom development of 'Elsanta' is confirmed by a work of Tahmatsidou et al. (2002). Susceptible, medium resistant, and resistant cultivars were grouped according to the

speed of symptom development. Another study divided genotypes according to the inoculum level at which plants develop symptoms (Shaw et al., 1997).

### Relation between infestation risk of *Verticillium* wilt and incidence of plant losses

The parameter plant losses did not correlate with the number of microsclerotia of *V. dahliae* (Fig. 2). The highest degree of plant losses was yet found on the site 'Jedlersdorf' with ten microsclerotia / g soil, but there was also a high number of plant losses in 'Pöttsching', 'St. Egyden' and 'Stammersdorf' despite a very low or medium infestation risk of *Verticillium* wilt. This indicates an infestation with other soil pathogens on these sites. On the site 'Kremsmünster', a site with a very high infestation risk, a mean degree of 1.90 was assessed. This relatively low degree can be explained by the more humid climate which may delay the pathogenesis, by a higher suppressive potential of the soil and, therefore, less wilting symptoms, or by the occurrence of less pathogenic or apathogenic subtypes of *V. dahliae* [as described in Schubert et al. (2008)] on this site.

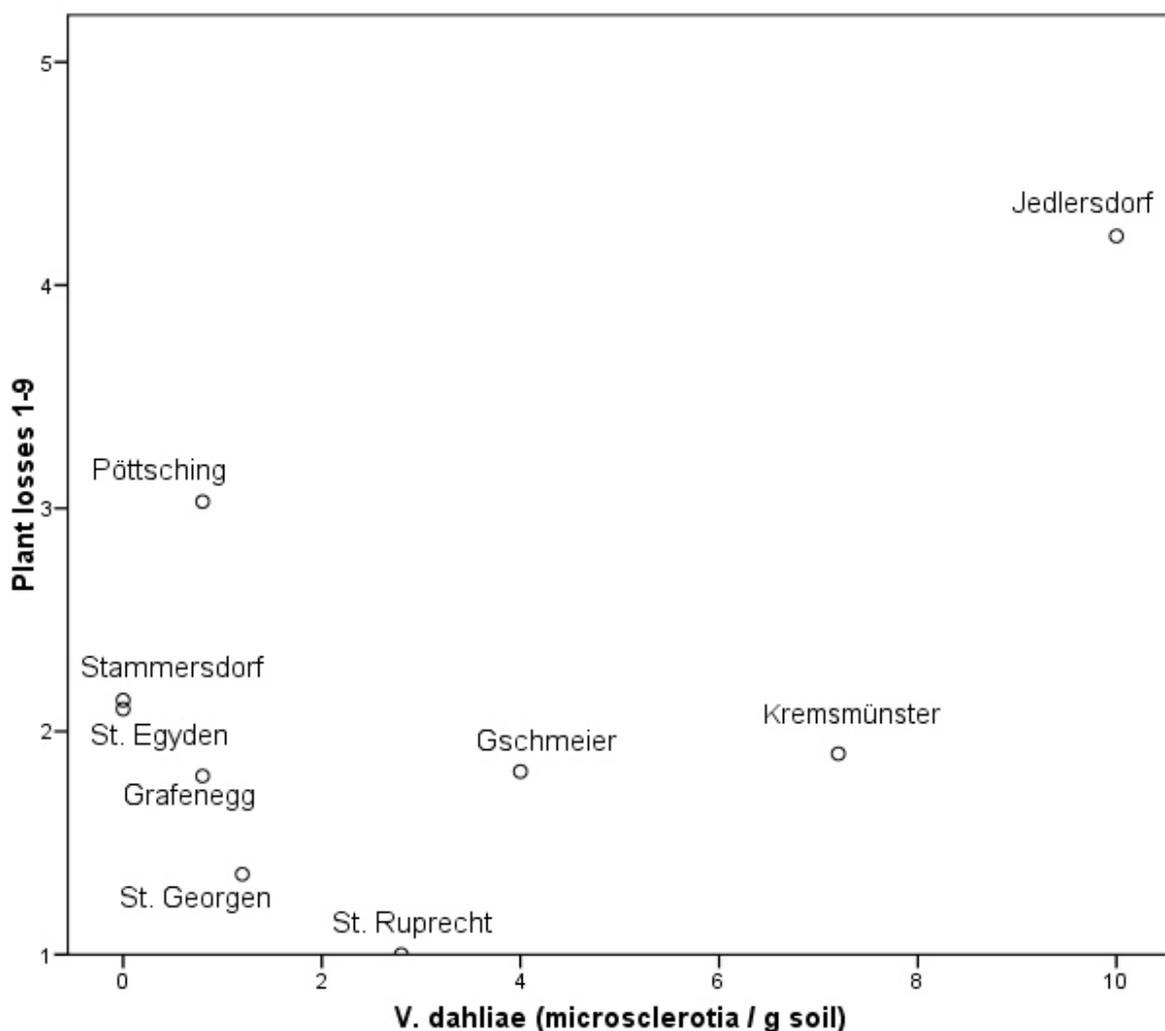


Figure 2: Relation between infestation risk of *Verticillium* wilt and degree of plant losses

### Cultivar-site interactions

The incidence of plant losses of cultivars, differentiated by sites, are illustrated in Figure 3: (a) cultivars with a mean degree <2 over all sites, (b) cultivars with a mean degree of 2-3 over all sites, (c) cultivars with a mean degree >3 over all sites.

Every cultivar had its own pattern, so site-cultivar interactions played a significant role. 'Clery', 'Betty', 'Queen Elisa', 'Gloria', 'Antea', 'Vale', 'Elianny', 'Marianna' and 'Galante' had the highest degree of plant losses in 'Jedlersdorf'. 'Daroyal' and 'Elsanta' showed most plant losses in 'Stammersdorf', 'Asia', 'Alba' and 'Sugar Lia' in 'Pöttsching'. 'Alba', 'Vale', 'Marianna' and 'Sugar Lia' were totally vital on the site 'Stammersdorf'. 'Elianny' had severe problems in 'Jedlersdorf', whereas at the other sites, 'Elianny' proved to be quite tolerant. 'Elsanta' was the only cultivar with symptoms on all sites. In the cultivar 'Daroyal', there were only some plant losses in 'Jedlersdorf' and 'Stammersdorf'. 'Clery' also showed plant losses on these 2 sites, furthermore in 'Gschmeier'. The cultivars 'Asia', 'Betty', 'Queen Elisa' and 'Alba' had plant losses on most assessed sites, but never with a degree >4.

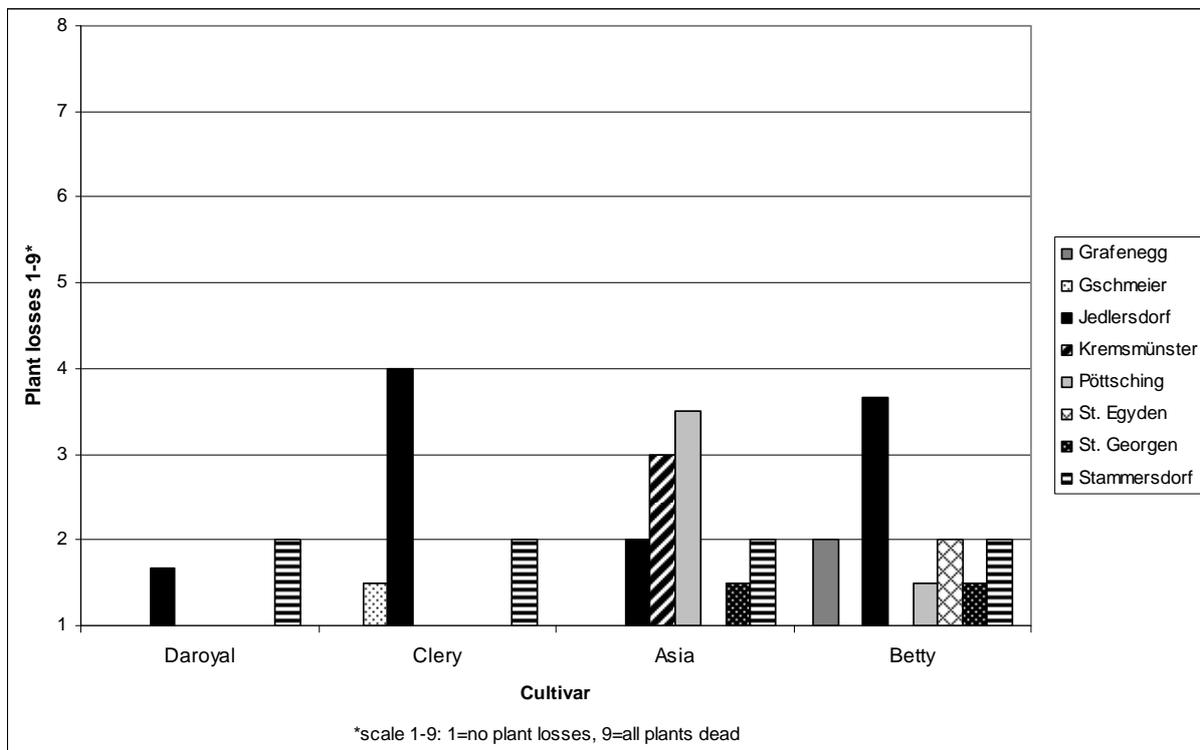


Figure 3a: Interactions in plant losses between cultivars and sites (June 2009): Cultivars with a mean degree <2 over all sites (cultivar with the lowest grade left, in ascending order)

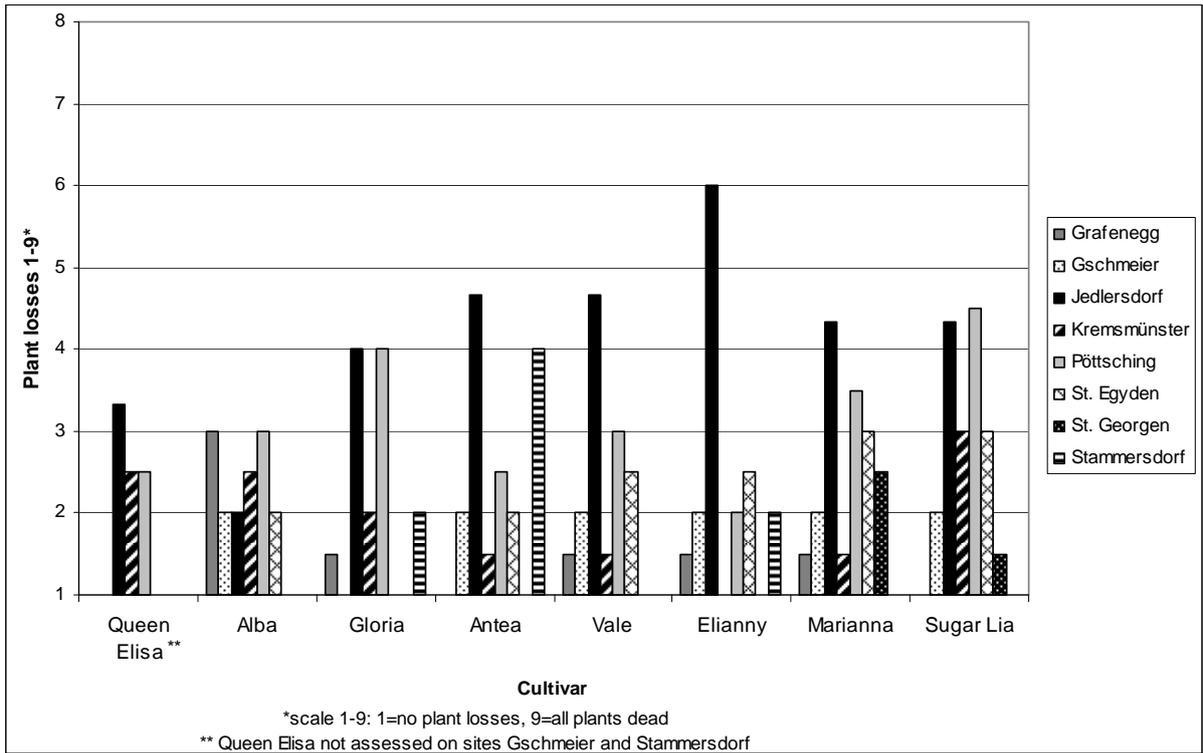


Figure 3b: Interactions in plant losses between cultivars and sites (June 2009): Cultivars with a mean degree of 2-3 over all sites (cultivar with the lowest grade left, in ascending order)

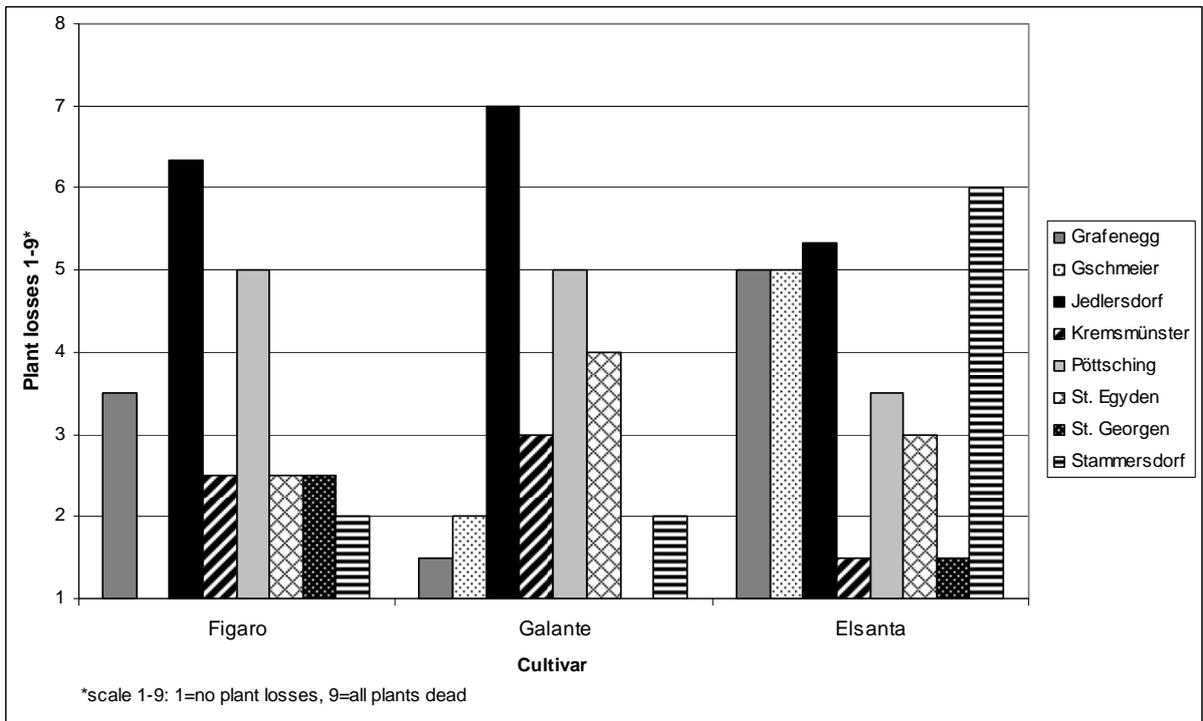


Figure 3c: Interactions in plant losses between cultivars and sites (June 2009): Cultivars with a mean degree >3 over all sites (cultivar with the lowest grade left, in ascending order)

## Conclusions

The cultivars 'Daroyal', 'Asia', 'Betty', 'Queen Elisa' and 'Alba' can be recommended for *Verticillium*-infested soils. 'Clery' might have some problems on sites with a higher infestation risk (what was also seen in a previous trial 2005-2007), but also proves to be quite tolerant to soilborne diseases in general. To include other aspects as yield, 'Asia', 'Queen Elisa' and 'Alba' showed high yield potential under organic farming conditions (about 7 kg/m<sup>2</sup> in 2 harvest years) whereas yield of 'Daroyal' and 'Betty' was significantly lower (4-5 kg/m<sup>2</sup>). Summarizing important cultivar characteristics, 'Alba', 'Asia', 'Queen Elisa', 'Clery' and 'Daroyal' are the most interesting cultivars from this trial and can be recommended to substitute 'Elsanta' on sites where problems with soilborne diseases may occur. It does not make sense to generally dissuade from a single cultivar, because each cultivar reacts very differently at distinct site conditions and may have good performance on sites with low pathogen pressure. Nevertheless, there is a trend that cultivars which are susceptible to *Verticillium* wilt, are also more prone to plant losses in general.

When testing the resistance of cultivars with artificial inoculation, results should be taken with consideration, so that field-resistant cultivars such as 'Daroyal', which may be classified as susceptible during the breeding process, will not be eliminated from further testing. Reasons for the high field resistance, compared with resistance in artificial systems, can be that factors occurring in natural soils (symbiosis with beneficial microorganisms, lower or higher disease thresholds or different species and strains of pathogens, not tested in the laboratory) are included.

The goal should be to find cultivars with a broad field resistance to several pathogens and diseases and not only breeding for specific resistances, because in most soils several pathogen species and strains are present. This could be achieved if further knowledge about the mechanisms of field resistant cultivars such as 'Daroyal' would be explored.

Else, the build-up and preservation of disease-suppressive soils should be paid more attention to. Because there is a lack of reliable and consistent indicators for such soils and therefore no clear recommendations for cultural practices, a holistic research approach has to be followed combining disciplines of soil and plant science, which may lead to indicators and in succession to a better knowledge how the disease-suppressive potential of soils can be enhanced (Janvier et al., 2007).

## Acknowledgement

The authors wish to acknowledge the Austrian Ministry of Agriculture for funding this research and thank all growers for providing parts of their fields.

## Literature cited

- Dressler, A., P. Scheewe, P. Lentzsch and K. Olbricht. 2010. Evaluation of strawberry cultivars for resistance to *Verticillium dahliae* Kleb.. In: 4<sup>th</sup> International Conference on Organic Fruit-Growing, February 22-24, Hohenheim, Germany. Foerdergemeinschaft Oekologischer Obstbau e.V. (Ed.), Weinsberg, Germany, p. 243-249.
- Gordon, T.R., S.C. Kirkpatrick, J. Hansen, and D.V. Shaw. 2006. Response of strawberry genotypes to inoculation with isolates of *Verticillium dahliae* differing in host origin. *Plant pathol.* 55:766-769.
- Harris, D.C., J.R. Yang and M.S. Ridout. 1993. The detection and estimation of *Verticillium dahliae* in naturally infested soil. *Plant pathol.* 42:238-250.

- Janvier, C., F. Villeneuve, C. Alabouvette, V. Edel-Hermann, T. Mateille and C. Steinberg. 2007. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biol. Biochem.* 39:1-23.
- Klosterman, S.J., Z.K. Atallah, G.E. Vallad and K.V. Subbarao. 2009. Diversity, pathogenicity, and management of *Verticillium* species. *Annu. Rev. Phytopathol.* 47: 39-62.
- Krüger, E. 2008. Neue Erdbeersorten – Chancen für den Anbau? *Obstbau* 10-11/2008:18-22.
- Masny, A. and E. Zurawicz. 2009. Yielding of new dessert strawberry cultivars and their susceptibility to fungal diseases in Poland. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 17(2):191-202.
- Olbricht, K. and M.-V. Hanke. 2008. Strawberry breeding for disease resistance in Dresden. In: 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, February 18-20, Weinsberg, Germany. Foerdergemeinschaft Oekologischer Obstbau e.V. (Ed.), Weinsberg, Germany, p. 144-147.
- Schubert, P., J. Gollack, H. Schwärzel and P. Lentzsch. 2008. Pathogenicity in *Verticillium* on strawberry plants. In: 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing: Proceedings to the Conference from February, 18 to February, 20, 2008 at Weinsberg/Germany. Foerdergemeinschaft Oekologischer Obstbau e.V. (Ed.), Weinsberg. pp. 138-143.
- Shaw, D.V., T.R. Gordon, J. Hansen and S.C. Kirkpatrick. 2010. Relationship between the extent of colonization by *Verticillium dahliae* and symptom expression in strawberry (*Fragaria x ananassa*) genotypes resistant to *Verticillium* wilt. *Plant pathol.* 59:376-381.
- Shaw, D.V., W.D. Gubler and J. Hansen. 1997. Field resistance of California strawberries to *Verticillium dahliae* at three conidial inoculum concentrations. *HortScience* 32(4):711-713.
- Suter, F. and A. Häseli. 2007. Erdbeersorteneignung für den Ökoanbau in Höhenlagen. *Öko-Obstbau* 2/07:33-35.
- Tahmatsidou, V.I., G. Paroussi and D. Voyiatzis. 2000. Evaluation of resistance of various strawberry genotypes to *Verticillium dahliae* Kleb.. *Acta Hort.* 579:457-460.
- Weissinger, H., A. Spornberger, R. Steffek, K. Jezik and K. Stich. 2009. Evaluation of new strawberry cultivars for their potential use in organic farming and in *Verticillium*-infested soils. *Eur. J. Hortic. Sci.* 74(1):30-34.
- Weissinger, H., R. Eggbauer, I. Steiner, A. Spornberger, R. Steffek, J. Altenburger and K. Jezik. 2010. Yield and fruit quality parameters of new early-ripening strawberry cultivars in organic growing on a highly *Verticillium*-infested site. In: Proceedings for the Conference from February, 22 to February, 24, 2010 at Hohenheim/Germany. Foerdergemeinschaft Oekologischer Obstbau e.V. (Ed.), Weinsberg. pp. 243-249.
- ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria (2010) <http://www.zamg.ac.at> (9. 2. 2011).

## 5. Zusammenfassende Ergebnisse und Diskussion

### 5.1. Charakterisierung der Sorten

Ich habe die Ergebnisse wichtiger Parameter in Tabelle 3 und Tabelle 4 zusammengefasst, um einen Überblick über die Eigenschaften der getesteten Sorten zu ermöglichen. Die hohe Bedeutung der Kriterien, die ich zur Charakterisierung der Sorten verwendet habe, wurde in einer Umfrage unter ErdbeerproduzentInnen ermittelt, deren Ergebnisse in Tabelle I im Anhang zu sehen sind.

Für bestimmte Parameter sind meine in den Publikationen dargestellten Daten mit Daten der Arbeiten von SCHEIBLAUER (2007), WEISSINGER (2007), EGGBAUER (2009) und STEINER (2010) ergänzt worden. Wenn möglich, wurden die Mittelwerte der jeweils zwei Erntejahre bei den Ertrags- und Fruchtqualitätsparametern bzw. die Mittelwerte aller drei Standjahre bei den vegetativen Parametern berechnet. Bei manchen Parametern wurden in den beiden Versuchen verschiedene Methoden (bei „robust gegen Wurzelkrankheiten“) oder Skalen (bei „Gesamteindruck des Geschmacks“ und „Aussehen der Früchte“) angewandt, weswegen die beiden Versuche in diesen Parametern nicht direkt miteinander verglichen werden können.

Damit man besonders positive oder negative Eigenschaften der Sorten auf einen Blick sehen kann, wurden in jedem Merkmal Quartile der Datenwerte gebildet und die Werte im obersten bzw. untersten Quartil bei positiver (erwünschter) Merkmalsausprägung grün und bei negativer (unerwünschter) Merkmalsausprägung rot hervorgehoben. Ausnahmen sind die Fruchtfestigkeit und die Reifezeit, die als neutrale Merkmale gehandhabt wurden.

Die Quartile wurden folgendermaßen ermittelt:

- Alle statistisch verrechenbaren Daten wurden mittels des S-N-K Tests in Untergruppen unterteilt, denen neben Buchstaben auch ganzzahlige Werte zugeordnet wurden. Als Beispiel wurde bei fünf Untergruppen (a, b, c, d, e) der niedrigsten Gruppe der Wert 1 und der höchsten Gruppe der Wert 5 gegeben. Aus der Anzahl an Untergruppen wurden Quartile gebildet: bei fünf Untergruppen befinden sich dann im untersten Quartil die Gruppen a und ab ( $< 2$ ), im obersten Quartil de und e ( $> 4$ ). Die Datenwerte wurden dann den Quartilen zugeordnet; bei der Zuteilung eines Datenwerts zu mehreren Gruppen wurde der Mittelwert gebildet: z.B. bei 5 Klassen liegt ein Wert, der den Gruppen a und b zugeordnet wird, im unteren Quartil:  $(1+2)/2=1,5$ .
- Bei Parametern, die nicht statistisch verrechnet werden konnten, wurden die Quartile aus der Spanne der vorhandenen Datenwerte gebildet.

Im Folgenden diskutiere ich die einzelnen Kriterien, wonach ich die Sorten charakterisiert habe, deren Bedeutung und etwaige Sortenbesonderheiten.

Im Versuch 2005-2007 zeigten fünf Sorten eine **hohe Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten**: ‚Alice‘, ‚Daroyal‘, ‚Queen Elisa‘, ‚Record‘ und ‚Salsa‘. Die frühreifenden Sorten ‚Daroyal‘ und ‚Queen Elisa‘ wurden im Versuch 2007-2009 noch einmal geprüft, wobei sich die Widerstandsfähigkeit bei ‚Daroyal‘ völlig und bei ‚Queen Elisa‘ teilweise bestätigte. Zusätzlich fielen die zwei neu getesteten Sorten ‚Asia‘ und ‚Betty‘ als robust auf. Die Sorte ‚Clery‘, die im Versuch 2005-2007 an manchen Standorten stärkere Symptome zeigte, schnitt im Versuch 2007-2009 sehr gut ab. ‚Elsanta‘ war in beiden Versuchen die Sorte mit der geringsten Vitalität und den meisten ausgefallenen Pflanzen, was die Notwendigkeit von Alternativen bestätigt. Wie im Artikel d) gezeigt wird, ist die Symptomausprägung einer Sorte stark vom Standort abhängig. Zudem spielen auch die Qualität des Pflanzmaterials sowie die Reaktion der Sorte auf die Witterung eine Rolle.

Auf Grund neuer Erkenntnisse ist die Risikoeinschätzung für *Verticillium*-Welke durch die übliche Mikrosklerotienuntersuchung (HARRIS et al. 1993), die z.B. bei der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) in Auftrag gegeben werden kann, nur sehr bedingt aussagekräftig, da mit dieser Methode weder zwischen dem Erreger *V. dahliae* - der u.a. Erdbeeren befällt - und dem Erreger *V. longisporum* - der ausschließlich Kreuzblütler befällt, noch zwischen verschiedenen apathogenen *V. dahliae*-Stämmen unterschieden werden kann. Weiters wird die Art *V. albo-atrum* in der Untersuchung nicht bestimmt, obwohl sie Schäden an Erdbeeren hervorruft und oft gemeinsam mit *V. dahliae* auftritt (SCHUBERT et al. 2008, DESSIMOZ et al. 2011). Das könnte neben einem Befall durch andere Pathogene (*Phytophthora* sp., *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp., Nematoden) und den unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen eine Erklärung dafür sein, dass auf manchen Standorten mit hohem Mikrosklerotiengehalt keine Welkesymptome auftraten, während auf Standorten mit niedrigem Mikrosklerotiengehalt starke Welke und Pflanzenausfälle beobachtet wurden. Das Kriterium „robust gegen Wurzelkrankheiten“ kann daher nicht auf die Robustheit gegenüber einzelnen Pathogenen heruntergebrochen werden, obwohl auf den meisten Standorten *Verticillium* im Boden gefunden wurde und die standortgemittelte Widerstandsfähigkeit einer Sorte mit der Widerstandsfähigkeit gegen *V. dahliae* - die am Standort Jedlersdorf erhoben wurde - tendenziell korreliert. Hervorgehoben werden muss auch, dass die Feldresistenz auf einem *Verticillium*-belasteten Standort nicht automatisch gleichzusetzen ist mit der Resistenzausprägung nach künstlicher Infektion mit einzelnen *Verticillium*-Stämmen, da je nach Region unterschiedliche Subtypen und gewöhnlich auch andere Pathogene vorkommen (SCHUBERT et al. 2008). Deutlich wird das im Vergleich meiner Arbeit mit der Arbeit von DRESSLER et al. (2010), wo u.a. ‚Daroyal‘ als *Verticillium*-anfällige Sorte eingestuft wird.

Der **Geschmack** wurde bei den meisten Sorten nur mittelmäßig und häufig schlechter bewertet als das Aussehen der Früchte. Die Sortenunterschiede bewegten sich in einer relativ geringen Spanne. Das Zucker/Säure-Verhältnis bestimmt maßgeblich die Geschmackswahrnehmung, während sortentypische Aromen bei den für den Erwerbsanbau gezüchteten Sorten nur gering ausgeprägt sind (GINÉ BORDONABA und TERRY 2008). In der Züchtung wurde der Geschmack lange Zeit vernachlässigt, weil andere Zuchtziele wie Transportfähigkeit im Vordergrund standen und nach wie vor wesentliche Zuchtziele darstellen. Züchter beobachten negative Korrelationen zwischen Aroma und Fruchtfestigkeit, Ertrag und Fruchtgröße (ROUDEILLAC und TRAJKOVSKI 2004). Beim Kriterium „**süßer Geschmack**“ zeigt sich, dass das Zucker/Säure-Verhältnis tendenziell mit der Bewertung des Gesamteindrucks des Geschmacks korreliert, jedoch gibt es auch Ausnahmen, wo Sorten trotz eines hohen Zucker/Säure-Verhältnis im Geschmackserlebnis niedrig bewertet wurden und umgekehrt.

Ohne jegliche Spritzbehandlungen war der **Befall mit *Botrytis cinerea*** in beiden Versuchen bei den meisten Sorten unter 10 %. Höhere Ausfälle durch Graufäule hatten die kalifornische Sorte ‚Galante‘ und die vom „Istituto Sperimentale per la Frutticoltura“ in Mittelitalien gezüchteten Sorten ‚Queen Elisa‘, ‚Record‘ und ‚Vale‘. Der durchschnittlich niedrige Befall ist kann auf das geringe Niederschlagsniveau im östlichen Wien und das regelmäßige und genaue Entfernen der faulen Früchte in den Versuchsflächen zurückzuführen.

**Blattkrankheiten** (*Sphaerotheca macularis*, *Mycosphaerella fragariae*, *Diplocarpon earliana*) waren auf den meisten Standorten nur in geringer Ausprägung vorhanden, da es sich meist um eher niederschlagsarme Gegenden handelte. Auf manchen Betrieben wurden auch Fungizide verwendet. Nichtsdestotrotz konnten Sortenunterschiede beobachtet werden.

Der **Anteil vermarktbarer Früchte** lag je nach Sorte zwischen 50 % und 80 %. Neben dem Befall durch Fruchtfäuleerreger (*Botrytis cinerea*, *Phytophthora cactorum*, *Colletotrichum acutatum*, *Mucor* sp.) sind vor allem Fraßschäden durch Schnecken und Vögel (geringer Einfluss der Sorte) und unreife Früchte (hoher Einfluss der Sorte) für die Minderung von vermarktungsfähiger Ware verantwortlich. Im zweiten Erntejahr steigt der Anteil von zu

kleinen Früchten (Durchmesser < 18 mm) generell, was sich bei kleinfrüchtigeren Sorten stärker auswirkt.

Da allen getesteten Sorten von den Züchtern ein hoher oder zumindest mittelmäßiger **Ertrag** beschieden wurde, kann ein niedriger Ertrag ein Indiz dafür sein, dass sich die Sorte für den Standort nicht eignet, vorausgesetzt das Pflanzmaterial ist in Ordnung und es gibt keine extremen Wetterereignisse. Bei ‚Galante‘ und ‚Gloria‘ liegt der Schluss nahe, dass diese beiden Sorten für den mitteleuropäischen biologischen Freilandanbau nicht geeignet sind. In einem anderen ökologischen Anbauversuch im Versuchszentrum Bamberg in Bayern waren diese Sorten ebenfalls wenig vital und wenig produktiv (SCHWAB 2008). Ein kalifornischer Vermehrungsbetrieb gibt an, dass ‚Galante‘ und ‚Gloria‘ in den USA für die Substratproduktion im geschützten Anbau gezüchtet wurden (EKLAND MARKETING CO. OF CALIFORNIA 2009). Beide Sorten wurden im deutschsprachigen Raum angeboten und von den Vermehrungsbetrieben als produktiv und widerstandsfähig beschrieben (D&B HEGE 2011). Sieht man sich die Erträge an (Tabelle 3 und Tabelle 4), fällt auf, dass das Ertragsniveau im Versuch 2005-2007 weit niedriger war als im Versuch 2007-2009, was auf den sehr engen Pflanzabstand im Versuch 2007-2009 und somit auf höhere Erntemengen pro m<sup>2</sup> zurückzuführen ist. Nichtsdestotrotz sticht hervor, dass der Ertrag von ‚Queen Elisa‘ im ersten Versuch im unteren Bereich lag, während ‚Queen Elisa‘ im zweiten Versuch die Sorte mit dem zweithöchsten Ertrag war, wodurch keine eindeutige Aussage über das Ertragspotential dieser Sorte getroffen werden kann. Bei den anderen Sorten, die in beiden Versuchen dabei waren, sind keine unverhältnismäßigen Unterschiede zu erkennen.

Das Kriterium „**hohes Fruchtgewicht**“ ist besonders bedeutend für die Pflückleistung und es gab große Unterschiede zwischen den Sorten. Zum Kriterium „**hohe Fruchtfestigkeit**“, das von den ErdbeerproduzentInnen ebenfalls als wichtig befunden wurde und wahrscheinlich mit hoher Haltbarkeit assoziiert wurde, muss im Nachhinein gesagt werden, dass diese Assoziation nicht standhält, da zwischen der Schalenfestigkeit und der Fruchtfleischfestigkeit unterschieden werden muss. Eine hohe Schalenfestigkeit ist Bedingung für ein hohes „Shelf life“, während auch Sorten mit einem weichen Fruchtfleisch gut haltbar und transportfähig sein können. Ein gutes Beispiel dafür ist ‚Elsanta‘, die bei unseren Messungen mittels Penetrometer, wobei 7 mm tief in die Frucht gebohrt wurde, niedrige Festigkeitswerte aufwies, aber als Sorte mit sehr hohem „Shelf life“ gilt. In zukünftigen Untersuchungen muss also sowohl die Schalenfestigkeit als auch die Fruchtfleischfestigkeit gemessen werden, oder die Warenkette bis zum Supermarkt simuliert werden, um die Transportfestigkeit in der Praxis zu erheben. Die Schalenfestigkeit ist allerdings in der Züchtung schwieriger zu bearbeiten als die Fruchtfleischfestigkeit (ROUDEILLAC und TRAJKOVSKI 2004). Eine sehr hohe Fruchtfleischfestigkeit kann übrigens zu schlechter Akzeptanz bei KonsumentInnen führen. Bei Verkostungen im Rahmen meiner Diplomarbeit (WEISSINGER 2007) wurden die Sorten ‚Dora‘, ‚Eva‘, ‚Queen Elisa‘ und ‚Alba‘ als zu fest beurteilt. Bei der Charakterisierung der Sorten wurde daher auf eine Bewertung der Fruchtfestigkeit verzichtet.

Die **Reifezeit** der Sorten wurde mit den Parametern „Termin Erntebeginn“ und „Erntetermin > 50 % des Gesamtertrags“ erfasst und in Klassen von 1 bis 4 eingeteilt. Die Reifezeit der Referenzsorte ‚Elsanta‘ (früh-mittelfrüh) wurde mit 2 festgesetzt. Neue frühreife Sorten sind gefragt da sie höhere Preise erzielen. Es wurden deshalb besonders viele frühreife Sorten in unsere Feldversuche aufgenommen. Im Spätreife-Segment hat sich ‚Salsa‘ als eine interessante Sorte gezeigt.

Eine **hohe Bodendeckung** ist vor allem für den biologischen Anbau von großer Wichtigkeit, um die händische Unkrauthacke in der Reihe zu minimieren. Der Grad der Bodendeckung hängt einerseits von der genetisch bedingten Wuchskraft einer Sorte ab, war auf Standorten mit Vorkommen von Wurzelpathogenen aber auch stark von der Anfälligkeit für diese abhängig.

Als wichtige Qualitätskriterien für das **Aussehen von Erdbeerfrüchten** wurden in einer Umfrage, wo ForscherInnen aus zwölf europäischen Ländern teilnahmen, folgende definiert: Glanz, Einheitlichkeit, konische oder herzförmige Frucht, Achänen und Kelch in einer Ebene zur übrigen Frucht (ROUDEILLAC und TRAJKOVSKI 2004). Zusätzlich zu diesen allgemeinen Anforderungen, denen die von mir untersuchten Sorten größtenteils entsprachen, haben auch Pflanzengesundheit und Witterung Einfluss auf das Aussehen der Früchte. Im zweiten Erntejahr wiesen die Sorten ‚Elsanta‘, ‚Figaro‘, ‚Galante‘ und Gloria‘ teilweise so starke *Verticillium*-Welkesymptome auf, dass auch die Fruchtqualität darunter litt und dementsprechend niedrig bewertet wurde. Niederschläge bewirkten bei der Sorte ‚Salsa‘, dass die Früchte Risse bekamen und weich wurden, was Gründe für die niedrige Akzeptanz des Aussehens sein könnten. Die Farbakzeptanz ist vom jeweiligen Land abhängig (von hellorange bis dunkelrot), mit dem Fokus auf **hellroter Fruchtfarbe** (ROUDEILLAC und TRAJKOVSKI 2004). Bei meinen Verkostungen gefiel neben mehreren hellroten Typen auch die mittel-dunkelrote Sorte ‚Daroyal‘. Beachtet werden muss aber bei dunkleren Sorten, dass diese bei Lagerung noch einmal nachdunkeln können, dann nicht mehr frisch aussehen und deswegen eventuell keinen Absatz finden.

Tabelle 3: Eigenschaften der Sorten des Versuchs 2005-2007 in bedeutenden Kriterien\*

Kriterium	robust gegen Wurzelkrankheiten	Gesamteindruck des Geschmacks	robust gegen <i>Botrytis cinerea</i>	robust gegen Blattkrankheiten	viele vermarktbar Früchte	süßer Geschmack	hoher Ertrag	hohes Fruchtgewicht	hohe Fruchtfestigkeit	Frühreife	hohe Bodenbedeckung	Aussehen der Früchte	hellrote Fruchtfarbe
erhobener Parameter	Pflanzenvitalität 1-4 <sup>1</sup> (7 Standorte, 2005+2006, 3 Standorte 2007)	offene Skala 0-20 <sup>2</sup> (4 Verkostungen 2006)	% befallene Früchte (2 Standorte, 2006 und 2007)	Befall mit Blattflecken 1-9 <sup>3</sup> (2 Standorte, je 2 Termine 2006 und 2007)	% vermarktbar Früchte (2 Standorte, 2006 und 2007)	Zucker/Säure-Verhältnis	g gesunde Früchte/m <sup>2</sup> (2 Standorte, 2006 und 2007)	g/Frucht (2006 und 2007)	kg/cm <sup>2</sup>	Reifezeit: 1=sehr früh, 2=früh, 3=mittel, 4=spät (s. S. 59)	% (2 Standorte <sup>4</sup> , 1 Termin 2007)	offene Skala 0-20 <sup>2</sup> (4 Verkostungen 2006)	Helligkeit (L*) 0-100 (2006)
Referenz Sorte	Artikel b)	WEISSINGER 2007	Artikel b)	Artikel b)	Artikel b)	SCHEIBLAUER 2007	Artikel b)	Artikel b)	SCHEIBLAUER 2007	nicht publiziert	nicht publiziert	WEISSINGER 2007	SCHEIBLAUER 2007
„Alba“	1,27	11,5	5,3	<b>1,56</b>	78,1	<b>6,0</b>	1364	<b>12,7</b>	1,02	1	78	<b>15,4</b>	40,6
„Alice“	<b>1,16</b>	10,7	5,2	2,89	77,8	<b>6,0</b>	1694	10,4	0,96	3	73	12,5	39,9
„Clery“	1,41	<b>13,9</b>	7,4	3,11	<b>72,8</b>	7,9	<b>1133</b>	<b>8,7</b>	1,14	1	<b>53</b>	<b>14,4</b>	39,8
„Daroyal“	<b>1,10</b>	<b>13,8</b>	7,4	<b>1,89</b>	75,3	7,7	1354	<b>9,2</b>	1,00	1	<b>85</b>	<b>14,5</b>	<b>35,7</b>
„Darselect“	1,32	13,1	4,2	<b>3,67</b>	<b>83,3</b>	7,4	1534	<b>8,7</b>	0,94	1	<b>88</b>	12,6	39,3
„Divine“	1,44	<b>13,7</b>	<b>3,4</b>	3,56	<b>79,5</b>	<b>10,6</b>	<b>820</b>	<b>7,9</b>	0,96	1	73	13,2	40,4
„Dora“	1,40	11,3	5,5	2,89	75,1	8,3	<b>897</b>	<b>12,1</b>	1,13	1	65	12,1	41,0
„Elsanta“	<b>1,63</b>	12,2	<b>3,2</b>	3,00	<b>81,3</b>	<b>6,9</b>	1407	9,6	0,85	2	60	<b>10,1</b>	40,2
„Eva“	1,26	10,7	3,8	3,22	77,6	<b>6,9</b>	<b>919</b>	9,9	1,90	2	<b>90</b>	13,1	<b>42,2</b>
„Q. Elisa“	<b>1,19</b>	12,3	<b>11,0</b>	<b>1,67</b>	<b>71,2</b>	7,6	<b>961</b>	<b>12,1</b>	1,57	1	63	<b>14,5</b>	<b>42,8</b>
„Record“	<b>1,18</b>	11,0	<b>12,6</b>	<b>4,00</b>	<b>68,9</b>	<b>6,7</b>	1579	<b>13,5</b>	0,73	3	<b>90</b>	11,9	<b>42,3</b>
„Salsa“	<b>1,04</b>	<b>10,1</b>	<b>3,1</b>	<b>4,22</b>	76,3	<b>7,0</b>	<b>2648</b>	10,9	0,80	4	80	<b>11,4</b>	39,7
„Sonata“	<b>1,48</b>	12,5	5,9	<b>1,78</b>	78,4	8,6	<b>2159</b>	<b>9,2</b>	0,89	2	78	13,6	39,9
statistische Verrechnung	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja

\* Die Bedeutung der Kriterien für ErdbeerproduzentInnen wurden in einer Umfrage erhoben (siehe Tabelle I im Anhang)

<sup>1</sup> 1 = alle Pflanzen sind gesund, 4 = alle Pflanzen sind tot

<sup>2</sup> 0 = sehr schlecht, 20 = sehr gut

<sup>3</sup> 1 = kein Befall, 9 = sehr hoher Befall

<sup>4</sup> Wiesen 2 und Gleisdorf

**grün:** erwünschte Merkmalsausprägung; **rot:** unerwünschte Merkmalsausprägung; bei statistischer Verrechnung oberes bzw. unteres Quartil der Signifikanzklassen (ANOVA, S-N-K Test, P < 0,05); wenn nicht statistisch verrechnet, oberes bzw. unteres Quartil der Datenwerte

Tabelle 4: Eigenschaften der Sorten des Versuchs 2007-2009 in bedeutenden Kriterien\*

Kriterium	robust gegen Wurzelkrankheiten	Gesamteindruck des Geschmacks	robust gegen <i>B. cinerea</i>	robust gegen Blattkrankheiten	viele vermarktbarere Früchte	süßer Geschmack	hoher Ertrag	hohes Fruchtgewicht	hohe Fruchtfestigkeit	Frühreife	hohe Bodenbedeckung	Aussehen der Früchte	hellrote Fruchtfarbe
erhobener Parameter	ausgefallene Pflanzen 1-9 <sup>1</sup> (9 Standorte, je 2 Termine 2008 und 2009)	offene Skala 0-164 <sup>2</sup> (3 Verkostungen 2008 und 2 Verkostungen 2009)	% befallene Früchte (1 Standort, 2008 und 2009)	Befall mit Blattflecken und Mehltau; Skala 1-9 <sup>3</sup> ; (9 Standorte, je 2 Termine 2008 und 2009)	% vermarktbarere Früchte (1 Standort, 2008 und 2009)	Zucker/Säure-Verhältnis (2008)	g gesunde Früchte/m <sup>2</sup> (1 Standort, 2008 und 2009)	g/Frucht (1 Standort, 2008 und 2009)	kg/cm <sup>2</sup> (2008)	Reifezeit: 1=sehr früh, 2=früh, 3=mittel, 4=spät (s. S. 59)	% (9 Standorte, je 2 Termine 2008 und 2009)	offene Skala 0-164 <sup>2</sup> (3 Verkostungen 2008 und 2 Verkostungen 2009)	Helligkeit (L*) 0-100 (2008)
Referenz Sorte	Artikel d)	nicht publiziert <sup>4</sup>	nicht publiziert <sup>4</sup>	Artikel d)	Artikel c)	EGGBAUER 2009	Artikel c)	nicht publiziert <sup>4</sup>	EGGBAUER 2009	nicht publiziert	Artikel d)	nicht publiziert <sup>4</sup>	EGGBAUER 2009
„Alba“	2,06	<b>81</b>	<b>3,8</b>	<b>2,01</b>	<b>78,2</b>	<b>5,6</b>	<b>3659</b>	<b>15,9</b>	0,96	1	78	<b>116</b>	35,3
„Antea“	1,82	<b>80</b>	5,3	2,52	67,5	8,2	2604	13,6	1,33	1	82	100	38,0
„Asia“	1,94	<b>86</b>	<b>2,9</b>	2,26	<b>77,3</b>	7,2	<b>3515</b>	<b>16,7</b>	0,74	1	79	<b>115</b>	35,7
„Betty“	1,97	92	<b>1,9</b>	<b>1,87</b>	<b>74,9</b>	7,9	2137	<b>10,8</b>	0,92	1	79	100	35,3
„Clery“	<b>1,59</b>	100	4,7	2,45	69,1	7,5	2423	12,8	0,85	1	85	103	36,7
„Daroyal“	<b>1,15</b>	106	<b>2,8</b>	<b>2,02</b>	<b>76,1</b>	7,5	2536	12,2	0,72	1	<b>93</b>	94	<b>32,4</b>
„Elianny“	2,38	<b>118</b>	<b>1,3</b>	2,75	<b>78,1</b>	8,4	1616	14,0	0,88	1	76	93	36,8
„Elsanta“	<b>3,24</b>	<b>82</b>	<b>2,3</b>	<b>3,34</b>	62,5	7,4	2519	<b>10,4</b>	0,81	2	<b>66</b>	90	36,5
„Figaro“	<b>3,09</b>	100	<b>2,1</b>	2,36	71,0	<b>10,1</b>	1615	13,1	0,88	2	<b>66</b>	<b>85</b>	<b>38,7</b>
„Galante“	<b>3,15</b>	<b>77</b>	<b>12,3</b>	2,27	<b>52,6</b>	<b>9,1</b>	<b>827</b>	13,9	1,21	1	<b>66</b>	<b>75</b>	36,6
„Gloria“	2,26	87	5,2	2,27	62,2	<b>6,9</b>	1655	<b>10,0</b>	0,73	1	78	<b>83</b>	35,0
„Marianna“	2,38	<b>76</b>	8,8	2,50	56,5	7,1	2234	<b>10,7</b>	1,10	1	78	98	36,4
„Q. Elisa“	1,85	<b>82</b>	4,8	<b>1,92</b>	71,6	7,7	<b>3545</b>	14,3	1,63	1	83	98	36,8
„Sugar Lia“	2,15	93	5,9	<b>1,88</b>	68,6	<b>6,4</b>	2485	13,9	0,91	1	78	<b>112</b>	36,3
„Vale“	2,09	<b>81</b>	<b>10,5</b>	<b>2,09</b>	61,3	<b>6,6</b>	<b>1450</b>	<b>15,0</b>	1,35	1	80	<b>78</b>	<b>40,1</b>
statistische Verrechnung	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja

\* Die Bedeutung der Kriterien für ErdbeerproduzentInnen wurden in einer Umfrage erhoben (siehe Tabelle I im Anhang)

<sup>1</sup> 1 = keine Ausfälle, 9 = alle Pflanzen tot

<sup>2</sup> 0 = sehr schlecht, 164 = sehr gut

<sup>3</sup> 1 = kein Befall, 9 = sehr hoher Befall

<sup>4</sup> gemeinsame Auswertung der Jahre 2008 und 2009; Rohdaten wurden von EGGBAUER (2009) und STEINER (2010) übernommen

**grün:** erwünschte Merkmalsausprägung; **rot:** unerwünschte Merkmalsausprägung; bei statistischer Verrechnung oberes bzw. unterstes Quartil der Signifikanzklassen (ANOVA, S-N-K Test, P < 0,05); wenn nicht statistisch verrechnet, oberes bzw. unterstes Quartil der Datenwerte

## 5.2. Eignung der Sorten für Schaderreger-belastete Böden und für den biologischen Anbau

Ich habe die Sorten hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten in drei Gruppen eingeteilt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Sortenempfehlungen hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten (Reihung innerhalb der Spalten alphabetisch)

hohe Widerstandsfähigkeit auf allen Standorten	Widerstandsfähigkeit stark standortabhängig	Symptome und/oder Ausfälle auf den meisten Standorten
„Alice“	„Alba“	„Divine“
„Asia“	„Antea“	„Dora“
„Betty“	„Clery“	„Elsanta“
„Daroyal“	„Elianny“	„Figaro“
„Salsa“	„Darselect“	„Galante“
	„Eva“	„Sonata“
	„Gloria“	
	„Marianna“	
	„Queen Elisa“	
	„Record“	
	„Sugar Lia“	
	„Vale“	

In einem weiteren Schritt habe ich die Sorten hinsichtlich ihrer Eignung für den biologischen Anbau in Ostösterreich klassifiziert (Tabelle 6).

Kriterien für empfehlenswerte Sorten für den biologischen Anbau habe ich folgende definiert:

- mittlere bis hohe Erträge unter biologischen Anbaubedingungen
- eine geringe bis mittlere Anfälligkeit für Fruchtfäulen
- eine hohe bis mittelmäßige Bodendeckung bei hoher Pflanzenvitalität

Bedingt empfehlenswert eingestuft sind Sorten, die interessante Eigenschaften zeigten, aber zumindest eines dieser Kriterien nicht erfüllten oder im Schnitt hinter den empfehlenswerten Sorten zurückstanden.

Nicht empfehlenswerte Sorten konnten zwei oder alle drei der oben genannten Kriterien nicht erfüllen – sie hatten geringe bis sehr geringe Erträge, entweder auf Grund niedriger Pflanzenvitalität oder einer hohen Anfälligkeit für Fruchtfäulen, oder auf Grund von beidem.

Tabelle 6: Sortenempfehlungen für den biologischen Anbau  
(Reihung innerhalb der Spalten nach Reifezeit)

Reifezeit	empfehlenswert	bedingt empfehlenswert	nicht empfehlenswert
früh	„Alba“	„Antea“	„Divine“
	„Asia“	„Darselect“	„Dora“
	„Betty“	„Elianny“	„Galante“
	„Clery“	„Queen Elisa“	„Gloria“
	„Daroyal“	„Sugar Lia“	„Marianna“
mittel - früh		„Elsanta“	„Vale“
		„Eva“	
		„Sonata“	„Figaro“
mittel - spät	„Alice“		„Record“
spät	„Salsa“		

Von den in meiner Arbeit getesteten Sorten werden im österreichischen Handel in der Saison 2013 die Sorten „Alba“, „Asia“, „Clery“, „Daroyal“, „Salsa“, „Darselect“, „Elianny“, „Elsanta“ und „Sonata“ angeboten (HOFFELNER 2013). Der deutsche Vermehrungsbetrieb D&B Hege hatte 2012 „Marianna“, „Galante“ und „Gloria“ im Angebot. 2013 werden diese Sorten nicht mehr vertrieben, dafür ist „Antea“ neu dazugekommen (HEGEPLANZEN GMBH & CO. KG 2013). Die Sorten der italienischen Versuchsanstalt „Istituto Sperimentale per la Frutticoltura“ – „Queen Elisa“, „Sugar Lia“ und „Eva“ - haben sich im deutschsprachigen Raum nicht durchgesetzt, ebenso wenig wie „Betty“, die 2011 noch im Sortiment von D&B Hege vertreten war (D&B HEGE 2011).

Mit „Alba“, „Asia“, „Clery“, „Daroyal“ und „Salsa“ (Abbildung 3) sind also Sorten mit mittlerer bis sehr hoher Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten sowie mit Eignung für den biologischen Anbau vorhanden und auch aktuell in Österreich erhältlich. „Alba“ und „Clery“ zeigten auf manchen Standorten stärkere Probleme mit Wurzelkrankheiten, sollten also nicht auf stark pathogen-belasteten Böden gepflanzt werden. Sorten, die in meinen Untersuchungen schlecht abgeschnitten haben, sind für den biologischen Freilandanbau nicht zu empfehlen, können aber sehr wohl gute Ergebnisse unter anderen Produktionsbedingungen (z.B. im geschützten oder auch erdelosen Anbau) bringen.

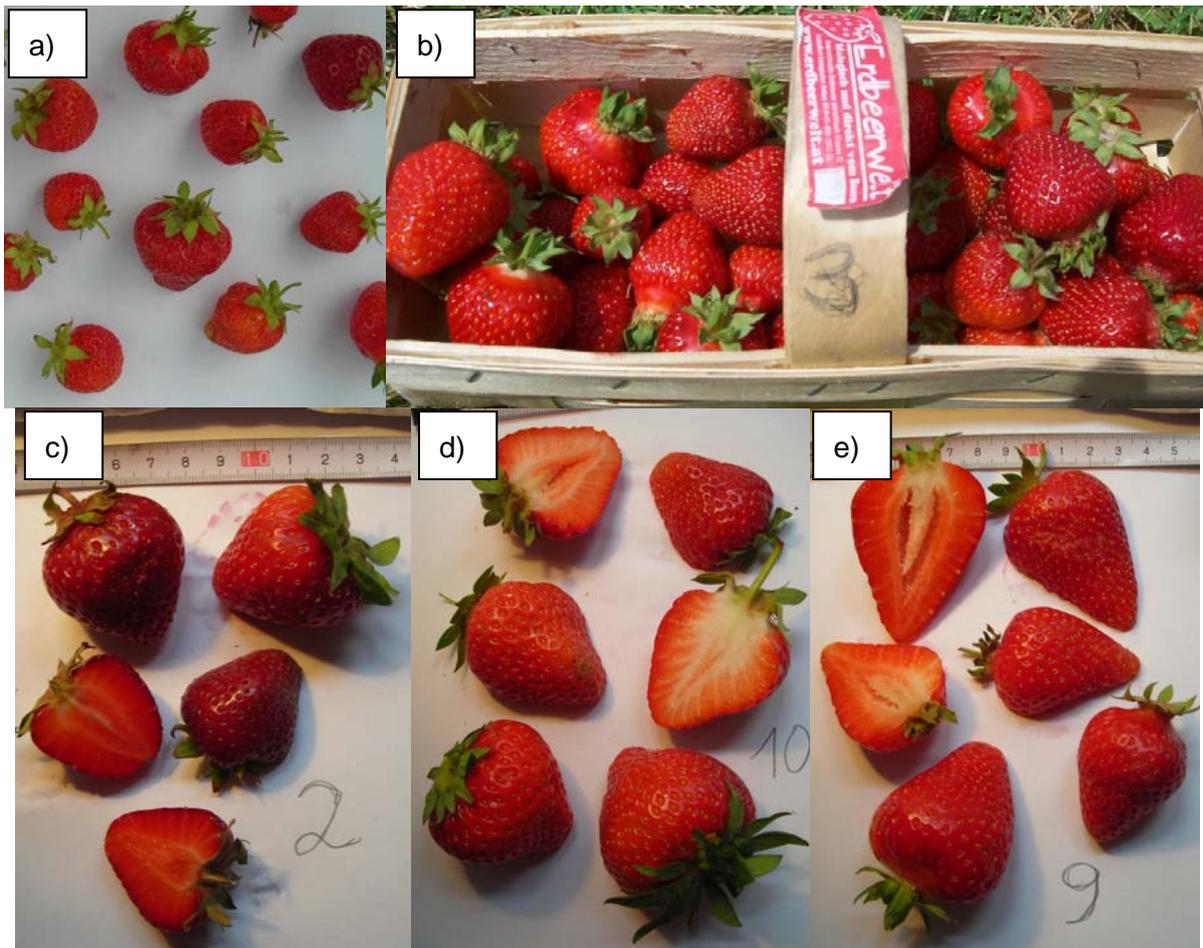


Abbildung 3: Empfohlene Sorten für den biologischen Anbau:  
a) ‚Salsa‘ b) ‚Asia‘ c) ‚Daroyal‘ d) ‚Queen Elisa‘ e) ‚Alba‘

### 5.3. Einfluss des Erntetermins auf die Fruchtqualität

Von all den evaluierten Sorten wurden fünf Sorten herausgegriffen, um an ihnen den Einfluss des Erntetermins auf Fruchtqualitätsparameter zu untersuchen.

Bei den Parametern Fruchtgröße, Gehalt an löslicher Trockensubstanz, Gehalt an titrierbarer Säure und Dissipationswert (P-Wert) war der Einfluss des Erntetermins ähnlich groß wie oder größer als der Einfluss der Sorte. Stark vom Genotyp abhängig waren Formindex, Fruchtfestigkeit und Vitamin C-Gehalt, aber auch diese variierten im Lauf der Ernteperiode.

Es gab einen eindeutigen Trend zur Konzentration von löslicher Trockensubstanz und Säure mit fortschreitender Ernteperiode und zur Abnahme des Zucker/Säure-Verhältnisses in meinen Untersuchungen. In der Studie von VOČA et al. (2007), wo die Sorte ‚Elsanta‘ an drei Terminen untersucht wurde, war die Zunahme an löslicher Trockensubstanz gegeben, aber nicht signifikant; der Gehalt an titrierbarer Säure nahm signifikant ab; die Ursachen dafür wurden nicht diskutiert. Wie groß der Einfluss der Witterung ist, kann schwer abgeschätzt werden. Um hier genauere Aussagen treffen zu können, müssten Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen, wo Bewässerung und Beleuchtung gleichmäßig erfolgen, gemacht werden. Es ist jedenfalls anzunehmen, dass die abnehmende Fruchtgröße bei B- und C-Früchten einen Teil der Veränderungen in der Fruchtqualität ausmacht - große Früchte zu Erntesaisonbeginn haben erfahrungsgemäß einen höheren Wassergehalt, während die kleineren Früchte zu Erntende konzentrierter an Inhaltsstoffen sind und daher intensiver schmecken. Die widersprüchlichen Ergebnisse bezüglich der Zu- oder Abnahme des Säuregehalts würden Anlass zu einer weiteren Untersuchung geben.

Die Veränderungen im Zucker- und Säuregehalt waren nicht bei allen Sorten gleich stark ausgeprägt. Die Sorte ‚Alba‘ hatte am Beginn der Erntesaison 5,0 % Brix und zehn Tage danach 7,9 %. ROUDEILLAC und TRAJKOVSKI (2004) legten 7 % Brix als Minimum und 9-10 % als Optimum für Erdbeeren fest. Bei der Sorte ‚Clery‘ waren die Unterschiede im Brixgehalt zwischen den Ernteterminen von allen Sorten am geringsten, was sich auch im Zuckerprofil und beim Dissipationswert zeigte. Eine hohe Stabilität der Inhaltsstoffe bei der Sorte ‚Clery‘ wurde von CRESPO et al. (2010) unter verschiedenen Umweltbedingungen festgestellt.

Beim Zucker/Säure-Verhältnis war die Sorte ‚Daroyal‘ am stabilsten, bei ‚Queen Elisa‘ und ‚Alba‘ gab es eine starke Abnahme. ‚Alba‘ hatte von allen Sorten an allen Terminen mit Abstand das niedrigste Zucker/Säure-Verhältnis, was sich bei Verkostungen negativ bemerkbar machte.

Die Unterschiede im Vitamin C-Gehalt waren einerseits sortenabhängig (‚Daroyal‘ hatte an allen Terminen weniger Vitamin C als ‚Elsanta‘; einen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Sorten beschreibt auch EGGBAUER 2009), andererseits zeigte sich aber auch ein Einfluss des Erntetermins, jedoch kein Trend im Lauf der Erntesaison. Mehrmalige Proben innerhalb einer Ernteperiode werden empfohlen, um diesen Schwankungen Rechnung zu tragen (SONE et al. 1999). Faktoren, die die Bildung bzw. den Abbau von Vitamin C beeinflussen, sind Sonneneinstrahlung (beschattete vs. besonnte Früchte), Temperatur während Reife, Ernte und Transport, Fruchthautverletzungen und Lagerungsbedingungen (LEE & KADER 2000). Vitamin C wird sehr schnell oxidiert, daher sind ein vorsichtiger Umgang mit den Früchten und eine schnelle Kühlung nötig, um möglichst wenig Vitamin C zu verlieren.

Der Dissipationswert (P-Wert) stieg von einem Erntetermin zum anderen jeweils signifikant an, was für eine höhere ganzheitliche Qualität zu Beginn der Erntesaison spricht. Wie sehr hier wirklich ein physiologischer Einfluss vorliegt (A- vs. B- und C-Früchte) und wie groß der Einfluss der Witterung ist, ist unklar. Hier wäre auch der alleinige Einfluss der Temperatur zu untersuchen, da an heißen Tagen die Früchte schnell überreif werden, was eine Erhöhung des Redoxpotential und der elektrischen Leitfähigkeit zur Folge haben könnte, was wiederum den Dissipationswert ansteigen lässt. Hitze kann auch eine Erklärung für die an den beiden letzten Ernteterminen hohen P-Werte der Sorte ‚Daroyal‘ sein, deren Früchte schnell überreif werden und auch schlecht lagerfähig sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Veränderungen der Fruchtqualität im Lauf der Erntesaison für eine abgestufte Nutzung sprechen – zu Beginn der Saison können die Früchte am Frischmarkt zu einem hohen Preis verkauft werden und am Ende der Saison eignen sich die Früchte besser zur Verarbeitung. Diese Vermarktungsstrategie kann attraktiv sein, wenn ein Verarbeitungsbetrieb die Ware zu einem guten Preis abnimmt oder am eigenen Betrieb verarbeitet wird. BERTELSHOFER (2013) zeichnet ein Bild einer erfolgreichen Kooperation zwischen Verarbeiter und Beerenanbauern. Unabhängig vom Erntetermin ist die Sorte ‚Daroyal‘ von den untersuchten Sorten für die Verarbeitung am besten geeignet, da sie mit ihrer dunkleren Fruchtfarbe einen hohen Anteil an Anthocyanen aufweist, und auf Grund ihrer weichen Fruchthaut und dem schnellen Nachdunkeln nur bedingt für die Vermarktung über Supermärkte geeignet ist. Soll ‚Daroyal‘ frisch vermarktet werden, dann ist ein direkter Vermarktungsweg zu empfehlen.

## 5.4. Resümee und Ausblick

In zukünftigen Sortenversuchen wäre es sinnvoll, Pflanzen mit Symptomen von Wurzelkrankheiten auf ihre genaue Ursache zu testen, um Schlüsse auf die Widerstandsfähigkeit gegen bestimmte Pathogene ziehen zu können. Andererseits handelt es sich auf vielen Flächen um einen Schaderregerkomplex (STEEN et al. 2012), wonach es neben der Notwendigkeit, mehr Wissen über pathogen-spezifische Resistenzen zu erwerben, das Ziel sein muss, Sorten mit breiter Widerstandsfähigkeit zu züchten. Für die Züchtung stellt sich die Frage, wie das erreicht werden kann. Auf Grund divergierender Ergebnisse meiner Arbeit und eines künstlichen Infektionstests mit *V. dahliae*, wonach ‚Daroyal‘ als *Verticillium*-anfällige Sorte gilt (DRESSLER et al. 2010), liegt der Schluss nahe, dass künstliche Infektionstests unzureichend sind, um Aussagen über das Verhalten einer Pflanze in verschiedenen Umwelten zu treffen, da sich das Spektrum von Pathogenen und auch von Subtypen eines Pathogens (SCHUBERT et al. 2008) in verschiedenen Regionen unterscheidet. Beobachtungen des Phänotyps an mehreren Standorten, Analysen des Genotyps und biochemische Untersuchungen müssen sich also ergänzen, um mehr über die Resistenz- und Toleranzmechanismen widerstandsfähiger Sorten zu erfahren und beteiligte Gene aufzufinden.

Zudem ist eine stärker auf den ökologischen Anbau ausgerichtete Erdbeerzüchtung nötig, um u.a. durch die richtige Sortenwahl den biologischen Erdbeeranbau attraktiver oder überhaupt rentabel zu machen, v.a. in Gebieten mit stärkeren Niederschlägen, wofür Sorten mit geringer Anfälligkeit für Fruchtfäulen gefragt sind. Eine hohe Wuchskraft bzw. eine hohe Bodendeckung sind weitere wichtige Eigenschaften für einen erfolgreichen biologischen Anbau. Zudem wären auch Sorten mit besserem Aroma und überhaupt eine größere Vielfalt in Fruchtform, Fruchtfarbe und Geschmack wünschenswert, damit sich die biologische Produktion in der Qualität vom konventionellen Massenmarkt abhebt.

Neben der Züchtung solcher Sorten sind neue Wege im biologischen Pflanzenschutz gefragt. Die Diskussionen über hormonell wirksame oder bienengefährliche Pestiziden, die in Zukunft verboten werden könnten, zeigen die wachsende Bedeutung neuer biologischer Pflanzenschutzmaßnahmen auch für die konventionelle Produktion auf. Darum sollte es mehr Forschung zu biologischen Pflanzenschutzmitteln und -methoden geben. Beim Auftreten von Pflanzenkrankheiten sollte aber systemische Überlegungen, wie man das ökologische Gleichgewicht am Betrieb fördern kann, nie außer Acht gelassen werden. Dazu zählt vor allem das Einhalten einer weiten Fruchtfolge, was derzeit auch auf manchen spezialisierten Bio-Betrieben vernachlässigt wird. Dieses Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie wird täglich von den Landwirten ausgelotet und ist auch in der Wissenschaft immer wieder miteinzubeziehen und zu durchdenken, um sinnvolle Forschung zu betreiben.

## 6. Literaturverzeichnis

- AGES (2012 a): Eckige Blattfleckenkrankheit der Erdbeere (*Xanthomonas fragariae*).  
<http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/pflanzengesundheit/obstbau/eckige-blattfleckenkrankheit-der-erdbeere/>  
Letzter Zugriff 20.12.2012.
- AGES (2012 b): Welkekrankheit der Erdbeere (*Verticillium dahliae*).  
<http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/pflanzengesundheit/obstbau/verticillium-welke-der-erdbeere/>  
Letzter Zugriff 20.12.2012.
- AGRIDEA (2010): „Beerenkost 2010“. Produktionskostenberechnung für Erd- und Strauchbeeren. Arbeitsmappe zu Excel 97, 2000, XP, 2003 und 2007.
- AMA (2011): Originaldaten. Zitiert von Walzl, K. in einer Präsentation in der Lehrveranstaltung „Garten-, Obst- und Weinbau in der Ökologischen Landwirtschaft“ am 16.11.2011 an der Universität für Bodenkultur Wien.
- ARSLAN, M.; DERVIS, S. (2010): Antifungal activity of essential oils against three vegetative-compatibility groups of *Verticillium dahliae*. World Journal of Microbiology & Biotechnology 26, 1813-1821.
- BERTELSHOFER, B. (2013): Präsentation auf der Ökologischen Beerenobsttagung in Weinsberg/Deutschland am 5.3.2013.
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) (2012):  
<http://www.bundesprogramm-oekolandbau.de/forschungsmanagement/projektliste/pflanze/?fkz=09OE084&pos=352>  
Letzter Zugriff 20.12.2012.
- CARLEN, C.; POTEL, A.M.; BELLON, C.; ANCAY, A. (2005): Variation der Qualität von Erdbeeren: Einfluss der Sorte, des Blatt-Fruchtverhältnisses, der Ernteperiode und des Reifegrads. Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture 37(2), 87-93.
- CARLEN, C.; POTEL, A.M.; ANCAY, A. (2007): Influence of leaf/fruit ratio of strawberry plants on the sensory quality of their fruits. Acta Horticulturae 761, 121-126.
- CRESPO, P.; GINÉ BORDONABA, J.; TERRY, L.A.; CARLEN, C. (2010): Characterisation of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. Food Chemistry 122, 16-24.
- D&B HEGE (2011): <http://www.hegepflanzen.de/9232/9432.html> Letzter Zugriff 1.2.2012.
- DESSIMOZ, M.; MICHEL, V.; ENKERLI, J.; WIDMER, F. (2011): Development of molecular diagnostics for characterization of *Verticillium* spp. infestation in strawberry production systems. IOBC/WPRS Bulletin. Proceedings of the IOBC/WPRS Working Group "Integrated Plant Protection in Fruit Crops, Subgroup Soft Fruits", Budapest, Hungary, 20-23 September 2010.
- DILLMANN, K. (2010 a): Chancen für den biologischen Beerenanbau und Herausforderungen im Anbau. Präsentation auf den Österreichischen Beerenobstfachtagen 24.-25.11.2010, Gleisdorf.
- DILLMANN, K. (2010 b): Erdbeerpflanzgut aus ökologischer Vermehrung 2011. Öko-Obstbau 4/2010, 56.
- DRESSLER, A.; SCHEEWE, P.; LENTZSCH, P.; OLBRICHT, K. (2010): Evaluation of strawberry cultivars for resistance to *Verticillium dahliae* Kleb.. In: 14th International Conference on Organic Fruit-Growing. Proceedings for the Conference from February 22<sup>nd</sup> to February 24<sup>th</sup>, 2010 at the University of Hohenheim, Germany. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Ed.), Weinsberg. 350-352.

- EGGBAUER, R. (2009): Untersuchung der Eignung neuer früh reifender Erdbeersorten für den Bio-Landbau hinsichtlich vegetativer, generativer und fruchtqualitätsbezogener Parameter. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien.
- EKLAND MARKETING CO. OF CALIFORNIA (2009): <http://www.emcocal.com> Letzter Zugriff 9.12.2009.
- FLÖRL, S. (2007): Identifizierung und Charakterisierung extrazellulärer Proteine unter dem Einfluss von *Verticillium longisporum* in *Arabidopsis thaliana* und Raps (*Brassica napus*). Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen.
- FRADIN, E. F.; THOMMA, B. P. H. J. (2006): Physiology and molecular aspects of *Verticillium* wilt diseases caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum*. *Molecular Plant Pathology* 7, 71-86.
- GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. (2012): The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 28, 9-19.
- GINÉ BORDONABA, J.; TERRY, L.A. (2008): Biochemical profiling and chemometric analysis of seventeen UK-grown black currant cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(16), 7422-7430.
- HARRIS, D.C.; YANG, J.R.; RIDOUT, M.S. (1993): The detection and estimation of *Verticillium dahliae* in naturally infested soil. *Plant pathology* 42, 238-250.
- HEGEPFLANZEN GmbH & Co. KG (2013): <http://www.hegeplanta.de/de/erdbeeren/> Letzter Zugriff 20.3.2013.
- HOFFELNER, A. (2009): Vergleich verschiedener Verfrühungssysteme bei der Erdbeerkultur im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit. Diplomarbeit. Höhere landwirtschaftliche Bundeslehranstalt St. Florian.
- HOFFELNER (2013): <http://www.erdbeer.com/de/landesprodukte/erdbeerpflanzen.html> Letzter Zugriff 20.3.2013.
- HOFFMANN, M. (1997): Vom Lebendigen in Lebensmitteln. Deukalion, Holm.
- JANVIER, C.; VILLENEUVE, F.; ALABOUVETTE, C.; EDEL-HERMANN, V.; MATEILLE, T.; STEINBERG, C. (2007): Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology & Biochemistry* 39, 1-23.
- LAMMERTS VAN BUEREN, E.T.; HULSCHER, M.; HARING, M.; JONGERDEN, J.; VAN MANSVELT, J.D.; DEN NIJS, A.P.M.; RUIVENKAMP, G.T.P. (1999): Sustainable organic plant breeding. Final report: a vision, choices, consequences and steps. Louis Bolk Instituut Publications Nr. G24, Driebergen/NL. <http://www.orgprints.org/1419/> Letzter Zugriff 1.8.2012.
- LEE, S.K.; KADER, A.A. (2000): Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology* 20, 207-220.
- LENTZSCH, P.; GOLLDACK, J.; SCHWÄRZEL, H.; SCHUBERT, P. (2007): Patent Nr. DE102005053458A1: Zusammensetzung und Verfahren zur Verhinderung von durch *Verticillium* verursachten Pflanzenschäden. 10.5.2007.
- LINNEMANSTÖNS, L. (2011): Auf der Suche nach den Besten. Bewertung von Sorten in der Versuchsarbeit – am Beispiel Erdbeere. *Besseres Obst* 2/2011, 10-14.
- NJOROGE, S. M. C.; KABIR, Z.; MARTIN, F. N.; KOIKE, S. T.; SUBBARAO, K. V. (2009): Comparison of crop rotation for *Verticillium* wilt management and effect on *Pythium* species in conventional and organic strawberry production. *Plant Disease* 93, 519-527.

- PELAYO-ZALDIVAR, C.; EBELER, S.; KADER, A.A. (2005): Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of California strawberries. *Journal of Food Quality* 28, 78-97.
- REGANOLD, J.P.; ANDREWS, P.K.; REEVE, J.R.; CARPENTER-BOGGS, L.; SCHADT, C.W.; ALLDREDGE, J.R.; ROSS, C.F.; DAVIES, N.M.; ZHOU, J. (2010): Fruit and soil quality of organic and conventional strawberry agroecosystems. *PLoS One* 5(10). Published online 2010 October 6. doi: [10.1371/annotation/1eefd0a4-77af-4f48-98c3-2c5696ca9e7a](https://doi.org/10.1371/annotation/1eefd0a4-77af-4f48-98c3-2c5696ca9e7a)
- REWE INTERNATIONAL AG (2012):  
[http://www.proplanet-label.at/Produkte/Obst/Erdbeeren/Erdbeeren/dd\\_pp\\_MainPage.aspx](http://www.proplanet-label.at/Produkte/Obst/Erdbeeren/Erdbeeren/dd_pp_MainPage.aspx) Letzter Zugriff 20.12.2012.
- ROECKL, C.; WILLING, O. (2006): Eine Aufgabe für alle. Ökologische Saatgutzüchtung und ihre Voraussetzungen. In: Agrarbündnis (Hrg.): *Der kritische Agrarbericht 2006*. Hamm: ABL Verlag, 139 – 144.  
[http://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2006/Roeckl\\_Willing.pdf](http://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2006/Roeckl_Willing.pdf) Letzter Zugriff 20.12.2012.
- ROUDEILLAC, P.; TRAJKOVSKI, K. (2004): Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries. *Acta Horticulturae* 649, 55-60.
- SATIVA RHEINAU AG (2012):  
[http://shop.sativa-rheinau.ch/index.php/cat/c71\\_Erdbeer-Jungpflanzen.html](http://shop.sativa-rheinau.ch/index.php/cat/c71_Erdbeer-Jungpflanzen.html)  
Letzter Zugriff 9.2.2012.
- SCHEIBLAUER, J. (2007): Analyse der Fruchtqualität und des Lagerverhaltens von Erdbeeren aus verschiedenen Produktionssystemen sowie von neuen Erdbeersorten. Dissertation. Universität für Bodenkultur Wien.
- SCHMID, A. (2003): Erdbeeren ökologisch angebaut. Mainz: Bioland Verlag.
- SCHUBERT, P.; GOLLDACK, J.; SCHWÄRZEL, H.; LENTZSCH, P. (2008): Pathogenicity in *Verticillium* on strawberry plants. In: 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing. Proceedings for the Conference from February 18<sup>th</sup> to February 20<sup>th</sup>, 2008 at Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg, Germany. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Ed.), Weinsberg. 138-143.
- SCHWAB, S. (2008): Ökoerdbeeren für Bayern. Erdbeersortenversuch in Bamberg 2006/2007. *Spargel & Erdbeer Profi* 1/2008.  
[http://www.fragariaholland.nl/publicaties/spargel-erdbeer\\_okobarenbayern.pdf](http://www.fragariaholland.nl/publicaties/spargel-erdbeer_okobarenbayern.pdf)  
Letzter Zugriff: 20.12.2012.
- SHAW, D. V.; GORDON, T. R.; LARSON, K. D.; GUBLER, W. D.; HANSEN, J.; KIRKPATRICK, S. C. (2010 a): Strawberry breeding improves genetic resistance to *Verticillium* wilt. *California Agriculture* 64, 37-41.
- SHAW, D. V.; GORDON, T. R.; HANSEN, J.; KIRKPATRICK, S. C. (2010 b): Relationship between the extent of colonization by *Verticillium dahliae* and symptom expression in strawberry (*Fragaria x ananassa*) genotypes resistant to *Verticillium* wilt. *Plant Pathology* 59(2), 376-381.
- SIEGMUND, B.; VERGINER, M.; MÜLLER, H.; BERG, G.; LEITNER, E. (2011): Die Bedeutung von Methylobakterien für die Aromabildung von Erdbeeren. *Die Ernährung/Nutrition* 35, 149-155.

- SIMPSON, D. W.; HAMMOND, K. J.; JOHNSON, A. W.; PASSEY, A. J.; WHITEHOUSE, A. B. (2009): Six new strawberry cultivars from East Malling Research. *Acta Horticulturae* 842, 525-528.
- SONE, K.; MOCHIZUKI, T.; NOGUCHI, Y. (1999): Variations in Ascorbic Acid Content among Strawberry Cultivars and their Harvest Times. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 68(5), 1007-1014.
- STATISTIK AUSTRIA (2008): Erhebung der Erwerbsobstanlagen. Wien: Verlag Österreich.
- STATISTIK AUSTRIA (1.12.2011): Obst aus Erwerbsobstanlagen 1975 bis 2011. [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/land\\_und\\_forstwirtschaft/agrarstruktur/flaechen\\_ertraege/obst/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur/flaechen_ertraege/obst/index.html) Letzter Zugriff 20.12.2012.
- STEEN, C.; DILLMANN, K.; ORTLIEB, R. (2012): Stärkung der Ertragssicherheit und Rentabilität im biologischen Erdbeeranbau durch effektivere Unkrautkontrolle sowie Regulierung des Erdbeerblütenstechers und verschiedener Wurzelfäulen. Abschlussbericht. In Kürze unter organic e-prints verfügbar.
- STEINER, I. (2010): Eignung frühreifender Erdbeersorten für den biologischen Anbau - Beobachtungen im 2. Ertragsjahr eines 3-jährigen Versuchs. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur Wien.
- STICH, K.; HALBWIRTH, H.; GOSCH, C.; JEZIK, K.; SPORNBERGER, A.; SCHEIBLAUER, J.; WEISSINGER, H.; STEFFEK, R.; ALTENBURGER, J.; HOFFELNER, A.; SKRAMLIK, R. (2009): Endbericht des Forschungsprojekts „Entwicklung verschiedener Strategien zur Lösung von Problemen mit bodenbürtigen Schaderregern im Gartenbau am Beispiel der Modellkultur Erdbeere“. Forschungsprojekt Nr. 100042.
- SUTER, F.; HÄSELI, A. (2007): Erdbeersorteneignung für den Ökoanbau in Höhenlagen. *Öko-Obstbau* 2/2007, 33-35.
- SYLLA, J.; WOHANKA, W.; KRÜGER-STEDEN, E. (2012): Einsatz mikrobiologischer Präparate zur Regulierung von Krankheiten an Erdbeeren - Teilprojekt: Graufäule und Echter Mehltau. BÖLN-Bericht ID 20795. [http://orgprints.org/20795/1/20795-06OE354-fagm-wohanka-2012-krankheitsregulierung\\_erdbeeren.pdf](http://orgprints.org/20795/1/20795-06OE354-fagm-wohanka-2012-krankheitsregulierung_erdbeeren.pdf) Letzter Zugriff 20.12.2012.
- TAHMATSIDOU, V.; O'SULLIVAN, J.; CASSELLS, A. C.; VOYIATZIS, D.; PAROUSSI, G. (2006): Comparison of AMF and PGPR inoculants for the suppression of *Verticillium* wilt of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Selva). *Applied Soil Ecology* 32, 316-324.
- TRANSPLORE (2013): [http://www.transplore.de/en/projects/effective\\_verticillium\\_immunisation\\_evi/](http://www.transplore.de/en/projects/effective_verticillium_immunisation_evi/) Letzter Zugriff 15.3.2013.
- VÓCA, S.; DOBRIČEVIĆ, N.; SKENDROVIĆ BABOJELIĆ, M.; DRUŽIĆ, J.; DURALIJA, B.; LEVAČIĆ, J. (2007): Differences in fruit quality of strawberry cv. Elsanta depending on cultivation system and harvest time. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 72(4), 285-288.
- WEBER, R.; FRIED, A. (2011): Fungizid-Resistenzen bei *Botrytis* im Beerenobst. *Obstbau* 3/2011, 166-171.
- WEISS, A.; WEISSHAUPT, S.; KRAWIEC, P.; KUNZ, S. (2012): Use of *Aureobasidium pullulans* for resistance management in chemical control of *Botrytis cinerea* in berries. Posterpräsentation beim Jahrestreffen 2012 des Arbeitskreises "Mykologie" der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V. in Stuttgart-Hohenheim.

WEISSINGER, H. (2007): Bewertung generativer und vegetativer Parameter von neuen Erdbeersorten im ökologischen Anbau. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien.

ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) (2010):  
<http://www.zamg.ac.at> Letzter Zugriff 20.8.2012.

## 7. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Sorten, Herkunft und Versuchsjahre .....	14
Tabelle 2: Versuchsstandorte.....	15
Tabelle 3: Eigenschaften der Sorten des Versuchs 2005-2007 in bedeutenden Kriterien .....	60
Tabelle 4: Eigenschaften der Sorten des Versuchs 2007-2009 in bedeutenden Kriterien .....	61
Tabelle 5: Sortenempfehlungen hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen Wurzelkrankheiten.....	62
Tabelle 6: Sortenempfehlungen für den biologischen Anbau ...	63

## 8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bedeutende Fruchtfäuleerreger .....	8
Abbildung 2: Eine an der <i>Verticillium</i> -Welke erkrankte Erdbeerpflanze .....	10
Abbildung 3: Empfohlene Sorten für den biologischen Anbau: .....	64

## ANHANG

Tabelle I: Ergebnis einer Umfrage unter ErdbeerproduzentInnen (N=110) zu ihren Kriterien der Sortenwahl (2008) (STICH et al. 2009, modifiziert)

Kriterium	Bedeutung*
robust gegen Wurzelkrankheiten	2,76
Gesamteindruck des Geschmacks	2,68
robust gegen <i>Botrytis cinerea</i>	2,68
aromatischer Geschmack	2,63
robust gegen <i>Colletotrichum acutatum</i>	2,63
robust gegen Blattkrankheiten	2,57
viele vermarktbar Früchte	2,54
süßer Geschmack	2,51
Lagerfähigkeit	2,47
Transportfestigkeit	2,45
Früchte leicht zu finden	2,42
hoher Ertrag	2,39
hohes Einzelfruchtgewicht	2,35
hohe Fruchtfestigkeit	2,32
Frühreife	2,27
hohe Bodendeckung	2,17
gutes Aussehen	2,16
hellrote Fruchtfarbe	2,10
Frucht geht leicht zum Abknicken	2,04
Resistenz gegen den Blütenstecher	1,91
Verarbeitungseignung	1,50
säuerlicher Geschmack	1,44
Gefriereignung	1,29
schwacher Wuchs	1,09
Sortenname am Markt bekannt	0,81
* Skala: 0 = unwichtig, 1 = eher unwichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig	
Mittelwerte 2,5-3,0: sehr große Bedeutung	
Mittelwerte 2,0-2,5: große Bedeutung	
Mittelwerte 1-2: etwas Bedeutung	
Mittelwerte < 1: geringe Bedeutung	

# Lebenslauf

## Helene Weissinger

### *Persönliche Daten*

Geboren am 8.8.1983 in Wien  
Wohnort: Salmansdorfer Straße 3/3, 1190 Wien  
Telefonnummer.: 0699/12177705  
Email-Adressen: helene.weissinger@boku.ac.at  
helenew@gmx.at



### *Studium und berufliche Tätigkeiten*

- ab 05/2007 Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe „Ganzheitliche Methoden im Obstbau – Ökologischer Obstbau“ an der BOKU: Arbeit in Forschungsprojekten und Lehrtätigkeit zu biologischem Obst- und Gartenbau
- 10-2001 - 04/2007 Diplomstudium Landwirtschaft an der Universität für Bodenkultur Wien mit den Erweiterungen Pflanzenproduktion, Ökologische Landwirtschaft und Gartenbau  
Diplomarbeit am Institut für Garten-, Obst- und Weinbau: „Testung widerstandsfähiger Erdbeersorten als Alternative zu ‚Elsanta‘ im biologischen Anbau“

### *Studienbegleitende Tätigkeiten*

- 10/2006 – 02/2007 Tutorium am Institut für Ökologischen Landbau: Literaturrecherche über den Beitrag des biologischen Landbaus zum Klimaschutz
- 08/2006 - 09/2006 Praxis in der Versuchsstation für Spezialkulturen in Wies/Stmk und bei der Saatzucht Gleisdorf (Ölkürbis-Züchtung)
- 09/2005 - 10/2005 Mitarbeit bei der Erstellung einer Datenbank für Paprika- und Chilisorten für die Homepage der Arche Noah: Pflanzenbonituren am Feld, Sortenbeschreibungen, Fotodokumentation
- 07/2005 Praxis an der Obst- und Weinbauschule Krems/NÖ: Monitoring des Traubenwicklers im Projekt „Wickler Watch“, Mitarbeit im Weingarten und bei Versuchen
- 08/2004 – 09/2004 Praxis auf einem Gemüsebau- und -handelsbetrieb in Irland
- 2003 - 2005 zeitweise Mitarbeit im Schau- und Vermehrungsgarten des Vereins Arche Noah zur Erhaltung der Kulturpflanzenvielfalt

### *Schulausbildung*

- 09/1992 – 06/2001 Bundesgymnasium Zwettl/NÖ