

Berichte

aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Reports

from the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry

Heft 109

2002

**Alternativen zum Einsatz von kupferhaltigen
Präparaten im Apfelanbau
Ergebnisse einer Literaturrecherche**

Alternative sprays instead of copper in apple cultivation
A study of literature

Bearbeitet von
compiled by

Beate Golba

Fachbereich Obstbau der TU-München, Weihenstephan

in Zusammenarbeit mit
Institut für Pflanzenschutz im Obstbau, Dossenheim
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft



BBA

Herausgeber

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Braunschweig, Deutschland

Verlag

Eigenverlag

Vertrieb

Saphir Verlag, Gutsstraße 15, D-38551 Ribbesbüttel

Telefon +49/(0) 5374 6576

Telefax +49/(0) 5374 6577

ISSN 0947-8809

Kontaktadresse

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Institut für Pflanzenschutz im Obstbau

Schwabenheimer Straße 101

D-69221 Dossenheim

Telefon +49(0) 6221 86805-00

Telefax +49(0) 6221 86805-15

E-Mail BBA.Dossenheim@t-online.de

Internet <http://www.bba.de>

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersendung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

**Alternativen zum Einsatz
von kupferhaltigen Präparaten im Apfelanbau**

Ergebnisse einer Literaturrecherche

bearbeitet von

Dr. Beate Golba

aus dem Fachbereich Obstbau der TU-München, Weihenstephan
in Zusammenarbeit mit dem Institut für Pflanzenschutz im Obstbau
Biologische Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	1
2	Stand der Zulassung für kupferhaltige Präparate in Deutschland und im europäischen Vergleich	1
3	Richtlinien ökologischer Verbände zum Einsatz kupferhaltiger Präparate in Deutschland und im europäischen Vergleich.	2
4	Anwendungsgebiete der kupferhaltigen Fungizide im Apfelanbau	2
5	Bedeutung und Biologie des Apfelschorfpilzes <i>Venturia inaequalis</i>	3
6	Historische Entwicklung der Fungizide und der verschiedenen Bekämpfungsstrategien gegen den Apfelschorf.....	3
7	Kupferpräparate.....	4
	7.1. Wirkmechanismus.....	4
	7.2. Schorfwirkung	4
	7.2.1. Wirkung in Abhängigkeit der Konzentration und des Präparats.....	4
	7.2.2. Kupferpräparate mit Zusätzen.....	6
	7.3. Nebenwirkungen	7
	7.4. Diskussion.....	8
8	Schwefelpräparate.....	9
	8.1. Wirkmechanismus.....	9
	8.2. Schorfwirkung	9
	8.2.1. Netzschwefel	9
	8.2.2. Netzschwefel mit Zusätzen	10
	8.2.3. Flüssige Netzschwefelpräparate	11
	8.2.4. Schwefelleber	12
	8.2.5. Schwefelkalk.....	12
	8.3. Nebenwirkungen	14
	8.4. Diskussion.....	17
9	Alternative Präparate – Pflanzenstärkungsmittel.....	19
	9.1. Anorganische Präparate, Gesteinsmehle, Tonerden	19
	9.1.1. Schorfwirkung.....	19
	9.1.2. Nebenwirkungen.....	22
	9.2. Mischpräparate auf der Basis von Gesteinsmehlen/Tonerden.....	22
	9.2.1. Schorfwirkung.....	22
	9.2.2. Nebenwirkungen.....	24
	9.3. Algenpräparate.....	25
	9.3.1. Schorfwirkung	25
	9.3.2. Nebenwirkungen.....	25
	9.4. Pflanzenaufgüsse, -extrakte und -öle	25
	9.5. Sonstige pflanzliche Präparate.....	28
	9.5.1. Schorfwirkung	28
	9.5.2. Nebenwirkungen.....	29
	9.6. Kompost- und Humuspräparate	30

9.7. Verschiedene organische Präparate	32
9.7.1. Schorfwirkung	32
9.7.2. Nebenwirkungen	34
9.8. Resistenzinduzierende Substanzen	35
9.9. Antagonisten	35
9.10. Diskussion	36
10 Bekämpfung der Überwinterungsform des Apfelschorfpilzes	39
10.1. Mechanische Methoden	39
10.2. Kompost- und Humuspräparate	40
10.3. Kalkhaltige Substrate	42
10.4. Antagonisten	42
10.5. Diskussion	43
11 Weitere Bekämpfungsstrategien	45
11.1. Überdachung	45
11.2. Schorfprognosemodelle	46
11.3. Oberkronenberegnung	47
11.4. Kulturmaßnahmen	47
11.5. Resistente Apfelsorten	47
12 Untersuchungen zur molekularen Interaktion im Wirt-Pathogen-System Apfel- <i>Venturia inaequalis</i>	48
13 Schlussbetrachtungen und Konsequenzen für die Forschung	50
14 Übersicht der beschriebenen Präparate	52
15 Literaturverzeichnis	56

1 Zielsetzung

Im ökologischen Apfelanbau stellen kupferhaltige Mittel einen festen Bestandteil in der Bekämpfung vor allem gegen den bedeutenden Apfelschorfpilz *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. dar. Aufgrund der nicht unbedenklichen Auswirkungen von Kupferpräparaten auf den Naturhaushalt – der Persistenz des Kupfers im Boden und im Gewässer und der Toxizität insbesondere gegen Regenwürmer und Wasserorganismen (Kloskowski, 1999; Kula, 1999; Spangenberg, 1999) – ist nach der Verordnung (EWG) 2092/91 die Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau nur noch bis zum 31. März 2002 zugelassen (<http://www.bba.de/oekoland/oeko1/oeko1.htm>).

In der vorliegenden Arbeit soll die Bedeutung und der Bedarf an Kupferpräparaten insbesondere im ökologischen Apfelanbau für die Schorfbekämpfung festgestellt und bewertet werden. Die Literaturstudie soll klären, inwieweit die Schorfprognose, neue Erkenntnisse zur Epidemiologie, biologische Faktoren, Wirkstoffe und, oder Kombinationen hiervon eine Alternative zu kupferhaltigen Mitteln sein könnten. Bewertet werden sollen alle Ergebnisse aus Bekämpfungsversuchen während der Vegetationsperiode und zur Überwinterungsform des Erregers im Falllaub. Die Gesamtbewertung aller Daten soll das kurz- bis langfristige Potenzial von Wirkstoffen und Maßnahmen hinsichtlich eines Kupferersatzes ergeben.

2 Stand der Zulassung für kupferhaltige Präparate in Deutschland und im europäischen Vergleich

Zur Zeit (Stand 05.11.2001, <http://www.bba.de/psm/psmright.htm>) sind in Deutschland sechs kupferhaltige Präparate als Fungizide auf der Basis von Kupferoxychlorid und Kupferhydroxid für eine Reihe von Anwendungen im Obst-, Wein-, Gemüse- und Zierpflanzenanbau zugelassen. Vier weitere Präparate enthalten ein Kupferchlorid-Komplex als Zusatz zu einem organischen Fungizid für den Getreideanbau. Für die Anwendung gegen den Apfelschorfpilz sind vier Kupferoxychlorid-Präparate zugelassen. Diese Präparate dürfen nur in der Vorblüte eingesetzt werden, mit einer Aufwandmenge von 0,5-1,5 kg pro ha und m Kronenhöhe (mit abnehmender Konzentration zur Blüte hin) (<http://www.dainet.de:8080/PSMANWENDUNG/DDW?/W%3D%28ZULASSUNGSNUM>).

Keine Zulassung mehr für kupferhaltige Pflanzenschutzmittel besteht seit dem 1. März 2000 in den Niederlanden (<http://www.bib.wau.nl/ctb>). In Dänemark stehen den Anbauern seit 1995 keine Kupferpräparate mehr zur Verfügung (Lindhard Pedersen, 2001).

3 Richtlinien ökologischer Verbände zum Einsatz kupferhaltiger Präparate in Deutschland und im europäischen Vergleich

Nach den internationalen Richtlinien der IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) vom August 2001 soll der Einsatz von Reinkupfer nach dem Jahr 2002 auf max. 8 kg pro ha und Jahr begrenzt werden (<http://www.ifoam.org/standard/anhang1-2.html>).

Die dem deutschen Dachverband ANOG e.V. (Arbeitsgemeinschaft für naturnahen Obst-, Gemüse- und Feldfruchtanbau) zugehörigen ökologischen Verbände wie auch der BIOLAND-Verband haben in ihren Richtlinien jeweils eine maximale Aufwandmenge von 3 kg Cu (im Hopfenanbau 4 kg) pro ha und Jahr festgesetzt (<http://www.bonnet.de/anog>; <http://www.bioland.de/richtlinien/rl10htm>). Die Anwendung von Kupfer im Kartoffelanbau ist bei BIOLAND nur mit Ausnahmeregelung durch den Verband gestattet. Beim DEMETER-Verband (<http://www.demeter.de>) ist die Kupferanwendung mit maximal 500 g Cu/ha pro Spritzung und 3 kg/ha pro Jahr auf den Obst- und Weinanbau begrenzt. Bei den beiden letztgenannten Verbänden gibt es darüberhinaus noch die Pflicht zur regelmäßigen Kontrolle des Kupfergehalts im Boden.

Weitreichendere Begrenzungen des Kupfereinsatzes finden sich bei dem österreichischen Verband ERNTE mit max. 2,5 kg/ha/Jahr im Obstanbau (bio-ernte.at) sowie bei dem Dachverband BIO SUISSE der Schweizer Biobauern mit 1,5 kg Cu/ha/Jahr für den Bereich des Kernobstes (bio-suisse.ch/html/_bibliothek_1.html).

4 Anwendungsgebiete der kupferhaltigen Fungizide im Apfelanbau

Außer zur Bekämpfung des Apfelschorfpilzes *Venturia inaequalis* werden kupferhaltige Präparate auch gegen die beiden pilzlichen Rindenkrankheiten, den Obstbaumkrebs (*Nectria galligena*) und die Kragenfäule (*Phytophthora cactorum*) eingesetzt (Themann und Faby, 2000; Galli und Nikusch, 2001).

Besonders in niederschlagsreichen Regionen kann der durch Wunden eindringende Erreger des Obstbaumkrebses große Probleme verursachen (Themann und Faby, 2000; Dierend und Tenhumberg, 2000). Durch die Höherlegung der Veredlungsstelle auf resistenten Unterlagen kann die Gefahr einer Infektion mit dem Erreger der Kragenfäule vermindert werden, der über den Boden insbesondere unter humusarmen und staunassen Bedingungen Stamm und Äste infiziert (Hoffmann *et al.*, 1994; Galli und Nikusch, 2001).

5 Bedeutung und Biologie des Apfelschorfpilzes *Venturia inaequalis*

Der Apfelschorfpilz *Venturia inaequalis* stellt im Kernobstbau den wirtschaftlich bedeutendsten Krankheitserreger dar (MacHardy, 1996). Die frühen Infektionen können zu einem vorzeitigen Frucht- und Blattverlust führen, der neben dem Ernteausfall die Entwicklung der Bäume stark hemmt und den Ansatz der nächstjährigen Blütenknospen erheblich vermindert (Agrios, 1988). Die späten Infektionen verhindern die Markt- und Lagerfähigkeit der Früchte.

Im Lebenszyklus von *V. inaequalis* sind zwei Phasen zu unterscheiden: Die saprophytische, sexuelle Phase im abgefallenen Laub und die parasitische, asexuelle Phase an Blatt und Frucht. Während der saprophytischen Phase in den abgefallenen Laubblättern werden im Winter bis zum Vegetationsbeginn Fruchtkörper (Pseudothecien) mit Ascosporen gebildet, die im Frühjahr in die Luft ausgeschleudert werden und an den jungen Pflanzenorganen die Primärinfektionen verursachen. Die Pilzhyphen breiten sich zwischen der Cuticula und Zellwand aus, ohne in die pflanzliche Zelle einzudringen. Die aus dem Hyphengeflecht entstehenden Konidiophoren durchbrechen die Cuticula und bilden sporulierende Läsionen. Die durch Regentropfen von ihren Trägern gelösten Konidien führen zu den Sekundärinfektionen.

Anfällig sind alle jungen Pflanzenorgane wie Blattspitzen an Knospen, junge Blätter, Blüten- und Kelchblätter sowie Früchte, die 8-20 Tage nach der Infektion olivgrüne bis samtschwarze Läsionen aufweisen. Eine weitere Infektionsquelle können auch an Zweigen und Knospen-schuppen überwinterte Myzelien und Konidien darstellen (Kennel, 1984; Triloff, 1999).

6 Historische Entwicklung der Fungizide und der verschiedenen Bekämpfungsstrategien gegen den Apfelschorf

Seit über 100 Jahren ist die fungizide Wirkung des Kupfers bekannt. Erstmals um 1885 in Frankreich als „Bordeauxbrühe“ (Kupfersulfat-Kalkbrühe) im Weinbau gegen den Falschen Mehltaupilz (*Plasmopara viticola*) eingesetzt, zeigten sich die Behandlungen mit der Kupferkalkbrühe auch in der Schorfbekämpfung effektiv (Oberhofer, 1985). Aufgrund der durch die Kupferbehandlungen auftretenden starken Berostungen (flächige, netzartige Verkorkungen) der Fruchtschale wurde die Kupferkalkbrühe immer mehr durch flüssigen Schwefelkalk ersetzt. (MacHardy, 1996). Aber auch die Behandlung mit der Schwefelkalkbrühe bewirkte phytotoxische Schäden, wenn auch in geringerem Ausmaß, und resultierte zudem in einem geringeren Ernteertrag im Vergleich zur Kupferbehandlung.

Die Problematik der anorganischen Präparate förderte die Entwicklung der organischen Fungizide, die aufgrund ihrer effektiven und pflanzenschonenden Wirkung ab den 50er Jahren die Kupfer- und Schwefelpräparate weitgehend ablösten.

Mit der Bestimmung der Infektionsbedingungen durch Mills (1944) wurde die ursprüngliche Terminierung der Spritzungen nach phänologischen Gegebenheiten abgelöst (Vukovits, 1980). Aufgrund der Verfügbarkeit von kurativ wirkenden Fungiziden war neben der vorbeugenden nun auch eine gezielte Bekämpfung des Apfelschorfpilzes möglich, bei der die Spritzungen nach erfolgten Infektionsbedingungen durchgeführt werden konnte (Siegfried und Bosshard, 1991; Gupta, 1992 (s. auch 11.2).

7 Kupferpräparate

7.1 Wirkmechanismus

Die Wirkung der protektiven Kupferpräparate geht auf den Anteil der in Lösung befindlichen Kupferionen zurück. Die Toxizität der Kupferionen beruht auf ihrer unspezifischen Interaktion mit Proteinen und anderen Zellbestandteilen, die zu Funktionsstörungen (u.a. auch Verlust der Membranpermeabilität) führen (Hock und Elstner, 1995).

7.2 Schorfwirkung

7.2.1 Wirkung in Abhängigkeit der Konzentration und des Präparats

Mehrjährige Schorfbekämpfungsversuche im Alten Land bestätigten die gute Wirksamkeit von Kupferpräparaten bei der Verhinderung von frühen Infektionen (Palm, 1995, 1999). Die Varianten, in denen in der Vorblüte ab Knospenaufbruch bis zu bestimmten Knospenstadien mit Kupferpräparaten und anschließend mit einem organischen Fungizid (DELAN SC, Wirkstoff Dithianon) gespritzt wurde, wiesen an frühen Boniturterminen (ab Mai) nur minimalen Blatt- und Fruchtbefall auf. Bei hohem Sporenangebot – vor allem durch superfiziell gebildete Konidien an den Trieben – zeigten die Versuchsglieder mit der Verwendung von Kupferoxychlorid oder -hydroxid (225-1125 g Cu/ha) in der Vorblüte mit einem Blattbefall an den Blütenbüscheln (Kurztrieben) von ca. 2-9 % sogar eine deutlich bessere Wirkung als die alleinige Fungizidbehandlung, die mit knapp 21 % befallenen Blättern gegenüber der Kontrolle (38,7 %) nur eine befalls mindernde Wirkung aufwies.

Signifikante Unterschiede in der Wirksamkeit der Kupferpräparate, Kupferoxychlorid, -oxid, -hydroxid, -sulfat und Kupferkalk, konnten (unabhängig von den eingesetzten Konzentrationen) nicht festgestellt werden (Palm, 1995; Kienzle *et al.*, 1995; Kelderer *et al.*, 1997; Stensvand und Amundsen, 2000). Ebenso zeigte ein Versuchspräparat der Fa. Neudorff auf der Basis von Kupfer und Fettsäuren eine vergleichbare Wirkung (Kienzle *et al.*, 1995). Der Einsatz von ammoniakalischem Kupfer (COPAC E) sowie von CUIVROL, einem Präparat auf der Basis von Kupfer und Spurenelementen, erbrachte im Vergleich zu Kupferhydroxid eine etwas geringere Schorfwirkung (Kienzle *et al.*, 1995).

Eine Konzentrierung des ausgebrachten Kupferpräparats (500 g Cu/ha) durch Halbierung der Wasseraufwandmenge auf 250 l/ha erbrachte im Vergleich zum üblichen Spritzbrühevolumen eine tendenziell bessere Schorfwirkung, die sich jedoch im darauffolgenden Versuchsjahr mit nur 250 g Cu/ha und bei höherem Infektionsdruck in der Vorblüte nicht wiederholen ließ (KIENZLE *et al.*, 1995).

Eine Reduzierung der Aufwandmenge von 500 auf 225 g Cu/ha während der Vorblüte erbrachte einen tendenziellen, statistisch aber nicht absicherbaren Wirkungsverlust (Tab.1). Dagegen erschien unter den gleichen Versuchsbedingungen eine Reinkupfermenge von 100 g/ha als zu gering (Kienzle *et al.*, 1995).

Tab.1: Vergleich der Vorblüte-Behandlungen mit verschiedenen Kupferkonzentrationen (Kienzle *et al.*, 1995)

Variante	500 g Cu/ha	225 g Cu/ha	100g Cu/ha	Unbehandelt
Blattschorf (% befallene Blätter)				
Kurztrieb 01.06.94	5,9 c	11,7 bc	21,3 ab	33,7 a
Langtrieb 21.07.94	26,6 a	37,5 a	45,8 a	65,8 a
Fruchtschorf (Befallstärke)*	0,46 b	0,89 b	1,48 ab	2,25 a

Die Behandlungen in und nach der Blüte erfolgten jeweils mit 3 kg/ha Netzschwefel (außer bei der unbehandelten Variante).

Gleiche Buchstaben bedeuten, dass zwischen diesen Varianten keine statistisch absicherbare Unterschiede vorliegen (TUKEY-Test).

* Befallstärke 1: $\leq 1 \text{ cm}^2$, 2: $> 1 \text{ cm}^2$ aber noch verkaufsfähig für Direktvermarkter, 3: Mostobst

Im darauffolgenden Versuchsjahr (1995), bei hohem Infektionsdruck in der Vorblüte, war die Wirkung von 250 g Cu/ha unzureichend. Der Blattschorfbefall an den Kurztrieben war zwar mit 26,4 % gegenüber der Kontrolle mit 66,7 % signifikant verringert, dennoch konnte ein starker Fruchtbefall (Befallstärke 2,44) nicht verhindert werden. (Bei der Kontrolle konnten wegen vorzeitigem Fruchtfall keine Äpfel geerntet werden.)

Bei geringem Schorfdruck (1. Schorfinfektion erst Ende April und nur 13 % Fruchtschorf bei der unbehandelten Kontrolle) und bei vorbeugenden Behandlungen bis Anfang Juni konnte bei einer geringen Kupferaufwandmenge von 150 g Cu/ha in einer Versuchsanlage in Laimburg/Südtirol der Befall der Langtriebe (Ende Juni) im Vergleich zur Kontrolle von ca. 46 % auf ca. 7,3 % reduziert und ein Befall der Früchte verhindert werden (Kelderer *et al.*, 1997).

Durch gezielte Behandlung, d.h. durch Applikation des Kupferpräparats (150 g Cu/ha) auf das nasse Blatt kurz vor erfolgter Infektion (Bestimmung nach Mills), konnte im Vergleich zur vorbeugenden Behandlungsstrategie die Anzahl der Spritzungen von 11 auf 7 reduziert werden und gleichzeitig die Schorfwirkung verbessert werden. Der Anteil befallener Kurz- und Langtriebe konnte von ca. 6 bzw. 8,8 % auf ca. 0,5 bzw. 4,2 % vermindert werden.

Auch die in Österreich bei Wien von Steffek (1999) durchgeführten Versuche ergaben, dass bei wenigen klar definierten Infektionsperioden und mit gezielten Spritzungen bereits bei minimalem Kupferaufwand sehr gute Bekämpfungserfolge erzielt werden können. Nach Behandlungen mit 100 bzw. 50 g Cu/ha in der Vor- bzw. Nachblüte konnte der Schorfbefall der Blätter (Ende Juni) und der Früchte (August) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle von 28 auf 2 % bzw. von 59 auf 3,6 % reduziert werden. Die Unterschiede zu den Ergebnissen der praxisüblichen Kupferbehandlung (500-100 g Cu/ha) mit je 1% Blatt- bzw. Fruchtbefall waren gering und ließen sich statistisch nicht absichern.

7.2.2 Kupferpräparate mit Zusätzen

Die Zugabe von Netzschwefel zum Kupferpräparat schien die Schorfwirkung im Vergleich zur alleinigen Kupferbehandlung geringfügig zu reduzieren (Kelderer *et al.*, 1997).

Nach Straub und Kienzle (1991) sowie Karrer (1992) läßt sich durch Zusatz von Netzschwefel die Kupfermenge halbieren, ohne eine signifikant geringere Wirkung gegenüber der höheren Kupferaufwandmenge zu erhalten. Inwieweit hierbei der Schwefel tatsächlich zur Wirkung beiträgt, ist nach obigem Versuch von Kelderer *et al.* (1997) und den Ergebnissen zur Verminderung des Kupfereintrags (s. 7.2.1) jedoch fraglich.

Die Zugabe von Bentonit zu der Kombination aus Kupferpräparat und Netzschwefel bewirkte mit ca. 7,5 % befallener Langtriebe gegenüber 11,5 % bei der Variante ohne Tonerdepräparat eine leichte Reduzierung des Schorfbefalls (Kelderer, 1996).

Die Zugabe eines Algenpräparats (NORDALGE) zu einem Kupferpräparat während der Vorblüte (in Kombination mit Netzschwefel) hatte keinen Einfluss auf den Blattbefall, der Anteil der stärker befallenen Früchte stieg dagegen von ca. 9 auf ca. 23 % (Pfeiffer, 2000 a, b).

Eine geringe - statistisch aber nicht absicherbare - Verbesserung der Schorfwirkung wurde durch Zusatz eines Produkts aus Rapsöl (TELMION) zu Kupferhydroxid erreicht (Kienzle *et al.*, 1995).

Die im Weinbau verwendete Mischung aus einem Lezithinpräparat (BIOBLATT), Gesteinsmehl (VULKAMIN) und Kupfersulfat (250 g/ha) ließ im Vergleich zur alleinigen Behandlung mit einem Kupferpräparat (Kupferhydroxid) ebenfalls nur eine geringe bzw. keine Reduzierung des Blatt- und Fruchtschorfbefalls erkennen (Kienzle *et al.*, 1995).

7.3 Nebenwirkungen

In den an der Niederelbe durchgeführten Versuchen lösten Kupferbehandlungen an der Apfelsorte 'Gloster' bis zum Knospenstadium „Mausohr“ (bei einer Gesamtaufwandmenge bis zu 3,15 kg Cu/ha) keine verstärkten Berostungen aus (Palm, 1995). Spätere Spritzungen bis zum „Ballonstadium“ (Stadium vor dem Aufblühen) mit insgesamt mindestens 1,8 kg Cu/ha bzw. 450 g Cu pro Spritzung führten dagegen zu einem deutlichen Anstieg des Kupfergehalts in den Blättern und entsprechend zu einem Anstieg der Fruchtschäden durch Berostung (Palm, 1995).

In den Versuchen von Kienzle *et al.* (1995) waren bei sechs wöchentlichen Vorblütebehandlungen ('Golden Delicious') bis zum Ballonstadium mit insgesamt max. 3 kg Cu/ha bezüglich der Berostung kaum Unterschiede zur unbehandelten Kontrolle feststellbar.

Eine einmalige Behandlung mit 225 g Cu/ha während der Vollblüte führte in einem Versuchsjahr bereits zu einer deutlich stärkeren Berostung gegenüber der Kontrolle (Kienzle *et al.*, 1995). Im folgenden Versuchsjahr konnte bei der zweimaligen Behandlung in die Blüte keine erhöhte Berostung festgestellt werden, wohl aber während nasskalter Witterung bei der zweimaligen Nachblütebehandlung in einem Parallelversuch.

Die alleinige Behandlung mit Kupferpräparaten vom frühen Knospenstadium bis zur Nachblüte führte – auch bei der geringen Kupferkonzentrationen von 150 g Cu/ha – zu einem hohen Anteil (bis zu knapp 90 %) stark berosteter und damit nicht vermarktungsfähiger Früchte (Straub und Kienzle, 1992; Domange und Dejoux, 1993; Kelderer *et al.*, 1997).

Die Zugabe von Schwefel zum Kupferpräparat verringerte den Anteil der stark berosteten Früchte von 33,2 auf 21,9 % (Kelderer *et al.*, 1997). Eine weitere Herabsetzung des Anteils stark berosteter Früchte auf 12,3 % war durch die gezielte Behandlungsstrategie möglich (Kelderer *et al.*, 1997).

Die Zugabe von Calcium zum Kupferpräparat in Form von flüssigem Blattdünger bewirkte nur eine geringe, nicht signifikante Verminderung der Anzahl stark berosteter Früchte von ca. 66 % auf ca. 50 % (Domange und Dejoux, 1993).

Keinen berostungsmindernden Effekt zeigte auch der Zusatz von Bentonit (Kelderer *et al.*, 1996) oder eines Algenpräparats (Pfeiffer, 2000a, b).

Wesentliche Unterschiede in der berostungsfördernden Wirkung konnten zwischen Kupferoxychlorid, -hydroxid sowie -sulfat nicht festgestellt werden (Palm, 1995; Kienzle *et al.*, 1995). Die in einem Versuch festgestellte berostungsmindernde Wirkung von ammoniakalischem Kupfer (COPAC E) gegenüber den anderen Kupfersalzen, aber auch im

Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, konnte im folgenden Versuchsjahr nicht bestätigt werden (Kienzle *et al.*, 1995).

Die Verwendung von Kupferpräparaten bis zur Nachblüte wies im Vergleich zu den Netzschwefelbehandlungen zwar eine geringere, aber dennoch eine deutliche raubmilben-schädigende Wirkung auf. Auf den Blättern wurden gegenüber der unbehandelten Kontrolle knapp zwei Drittel weniger Raubmilben gezählt (Kelderer *et al.*, 1997). Ebenso schien sich diesbezüglich die Kupferzugabe zu Netzschwefel negativ auszuwirken (Kelderer *et al.*, 2000).

7.4 Diskussion

Aufgrund ihres hohen Potenzials als Belagsfungizide werden Kupferpräparate zum Zeitpunkt des Knospenaufbruchs auch im nicht ökologischen Anbau zur Bekämpfung des Apfelschorfs eingesetzt (Palm, 1995).

Die Effizienz der Kupferpräparate wird zum Einen durch die im ökologischen Anbau maximal zugelassene Aufwandmenge von 3 kg Cu/ha/Jahr und zum Anderen durch den Einsatz vorwiegend in der Vorblüte aufgrund der Berostungsgefahr begrenzt. Bei nicht sehr hohem Infektionsdruck in der Vorblüte läßt sich die Kupferaufwandmenge pro Spritzung von 500 auf 250 g Cu/ha reduzieren. Eine weitere Reduzierung ist jedoch mit einem deutlichen Wirkungsverlust verbunden.

Die bisher bekannten Kupferformulierungen unterscheiden sich in ihrer Wirkung nicht wesentlich und lassen damit auch keine weitere Reduzierung der Reinkupferaufwandmenge zu. Durch den Zusatz von Bentonit zum Kupferpräparat scheint die Wirkung etwas verbessert.

Als vielversprechende Alternative erscheint ein Kupfersalz der Octansäure (Kupferoctanat). Laut Produktinformation der Fa. Neudorff (Arndt *et al.*, 2001) läßt sich durch die Verwendung von Kupferoctanat der Kupfereintrag um mehr als 70 % reduzieren.

Nur in klimatisch begünstigten Gebieten, wie z.B. in Südtirol, lassen sich mit minimaler Kupferaufwandmenge (50-150 g Cu/ha) sehr gute Bekämpfungserfolge erzielen.

Als „berostungskritische“ Phase bei der Anwendung von Kupferpräparaten gilt besonders die Zeit während der Blüte. Neben der Kupferkonzentration und dem phänologischen Stadium scheint dabei auch die Witterung eine Rolle zu spielen. Die Zugabe von Calcium oder eines Algenpräparats wirkte sich berostungsmindernd aus.

8 Schwefelpräparate

8.1 Wirkmechanismus

Schwefel zeigt nur in der Gasphase fungizide Wirkung, wobei die Sublimation des Schwefels erst bei Temperaturen oberhalb 10° C einsetzt. Die favorisierte Vorstellung zum Wirkmechanismus geht von einer Wirkung des elementaren, in die Pilzzelle eindringenden Schwefels als kompetitiver Elektronenakzeptor aus, der zu einer Störung des Stoffwechsels einschließlich der mitochondrialen Atmungskette führt (Hoffman *et al.*, 1994; Hock und Elstner, 1995). Dabei entsteht Schwefelwasserstoff, der zusammen mit an der Blattoberfläche gebildeten Oxidationsprodukten als Ursache der fungiziden Wirkung des Schwefels angesehen wird (Börner, 1997).

8.2 Schorfwirkung

8.2.1 Netzschwefel

Bei der im Pflanzenschutz verwendeten Form des Schwefels, dem Netzschwefel, handelt es sich um ein fein gemahlene Pulver mit einem Schwefelanteil von 80 % und einem Netzmittelzusatz. Bei hohen Temperaturen (>28 °C) und starker Lichteinstrahlung können Pflanzenschäden in Form von Fruchtberostungen und Blattverfärbungen auftreten (Hock und Elstner, 1995).

Netzschwefel zeigt eine relativ geringe Haftung und wird bei Niederschlägen leicht von den Blättern und Früchten abgewaschen. Da Schwefel unterhalb 10 °C nicht sublimiert, ist die fungizide Wirkung während der Vorblütebehandlung im Frühjahr oftmals unzureichend. Die hierbei im Vergleich zu Kupferpräparaten deutlich geringere Wirkung wurde von Karrer (1992) in einem Versuch am Bodensee demonstriert. Die Behandlung mit Netzschwefel in der Vorblüte führte zu einem Anteil befallener Blätter an den Kurztrieben von ca. 51 %. Der Fruchtbefall lag bei ca. 57%. Die entsprechenden Befallswerte beim Einsatz von Kupfer in der Vorblüte fielen mit ca. 23 bzw. 18 % wesentlich niedriger aus.

In einigen Versuchen, die im Folgenden aufgeführt werden, führte der alleinige Einsatz von Netzschwefel zur Bekämpfung des Apfelschorfs zu befriedigenden Resultaten.

Bei geringem Infektionsdruck erzielten Kelderer *et al.* (1997) mit Netzschwefelbehandlungen mit einem Befall der Langtriebe von ca. 11,5 % eine tendenziell geringere (statistisch nicht absicherbare) Wirkung als die Kupfervariante (ca. 7,5 % Befall). Ein Befall der Früchte, der bei der unbehandelten Kontrolle bei 13 % lag, konnte in beiden Varianten nicht festgestellt werden.

Gegenüber der Kupferbehandlung erzielte der Einsatz von Netzschwefel am Versuchsstandort Heuchlingen ebenfalls eine nur geringfügig schlechtere Wirkung (Straub und Kienzle, 1992). Aufgrund der höheren Temperaturen zum Zeitpunkt der Behandlung zeigte die Schwefelapplikation bei den Langtrieben eine bessere Wirksamkeit als bei den Kurztrieben. Der Anteil der befallenen Früchte konnte bei der Netzschwefelvariante von ca. 98,5 % (unbehandelte Kontrolle) auf ca. 21 % und bei der Kupferbehandlung auf ca. 16 % reduziert werden. Dabei betrug der Anteil der Früchte mit mehr als 3 Schorfflecken bei den behandelten Varianten nur ca. 1 % bzw. nahezu 0 %, bei der Kontrolle dagegen ca. 63 %.

Am Versuchsstandort Ahrweiler konnte im Vergleich zur Kontrolle der Fruchtbefall zur Ernte von ca. 60 auf ca. 13 %, in einem weiteren Versuchsjahr sogar von ca. 74 auf ca. 1,5 % reduziert werden (Zimmer, 2000a). Damit wurde im letzteren Versuch eine der Fungizidbehandlung (Dithianon) vergleichbare Wirkung erzielt. Bezüglich des Blattbefalls war der Wirkungsgrad jedoch insgesamt geringer. So wurde im zweiten Versuchsjahr der Anteil der schorfbefallenen Blätter an den Langtrieben Anfang Juli gegenüber der Kontrolle von 35 % nur auf ca. 21 % vermindert, während bei der Fungizidvariante nur ca. 1 % der Blätter befallen waren.

8.2.2 Netzschwefel mit Zusätzen

In zahlreichen Studien wurde getestet, ob die Wirkung des Netzschwefels und die Pflanzenverträglichkeit in Kombination mit anderen Präparaten erhöht werden kann.

Die Kombination von Netzschwefel und dem Gesteinsmehl SILKABEN erbrachte keine Wirkungsverbesserung im Vergleich zum alleinigen Netzschwefeleinsatz (Kern, 1991; Domange und Dejoux, 1993). Der Zusatz des Gesteinsmehls ROCKSIL zu Netzschwefel zeigte bei geringem Infektionsdruck ebenfalls keinen Einfluss auf den Schorfbefall (Kelderer *et al.*, 1997).

Die Kombination aus NAB (Netzschwefel, Algenkalk und Bentonit) und Wasserglas (Natriumsilikat) erhöhte den Schorfbefall der Blätter Anfang Juni gegenüber der reinen Schwefelbehandlung von ca. 16 auf ca. 26 % (Kelderer, 1996). Auch Kern (1991) konnte bei Anwendung von NAB-PLUS (enthält zusätzlich Braunalgen) an verschiedenen Versuchsstandorten eine tendenziell bis signifikant schlechtere Schorfwirkung im Vergleich zu der reinen Netzschwefelbehandlung feststellen. Die Netzschwefelvarianten wiesen dabei jeweils einen fast 100 %igen Fruchtbefall auf, wobei der Anteil der stark befallenen Äpfel im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle geringer war. Die Zugabe eines Präparats aus Algenkalk und Bentonit (PHYTOFIT) konnte – allerdings bei sehr geringem Befall in der Netzschwefelvariante – ebenfalls keine Wirkungsverbesserung erzielen (Pfeiffer, 1995).

Die Schwefelaufwandmenge (0,4 %, mit Rückenspritze appliziert) ließ sich bei Anwendung in der Nachblüte ohne eine signifikante Verschlechterung der Schorfwirkung halbieren, wenn zu

dem Netzschwefel Wasserglas, Schachtelhalmtee oder Schmierseife zugegeben wurde. Der Blattschorfbefall lag bei den Varianten mit den Zusätzen bei etwa 26 %, während bei der Behandlung mit der doppelten Netzschwefelkonzentration ohne Zusätze ein Befall von ca. 22 % festzustellen war (Straub und Kienzle, 1991). Eine Variante mit der halben Schwefelmenge ohne Zusätze wurde allerdings nicht durchgeführt. Da die zugegebenen Komponenten jedoch in anderen Versuchen (s. folgende Kapitel) keine Wirkung zeigten, ist davon auszugehen, dass sie die Schorfwirkung des Schwefels nicht erhöhen.

Der Blattbefall von 1,8-2,9 % bei den Varianten mit den zugesetzten Präparaten Kokosseife, Zitronensäure sowie einer Kombination aus einem Knoblauchpräparat (ENVIREPEL) und Zitronensäure, lassen keine deutliche Aussagen zu, da aufgrund des sehr geringen Infektionsdrucks die allein mit Netzschwefel behandelte Variante nur einen Schorfbefall von 0,7 % aufwies (Pfeiffer, 1995).

Die Präparate ENVIREPEL, das Pflanzenöl CODACIDE OIL sowie das homöopathische Präparat PLURAPRO BAC, die in zweijährigen Versuchen zu einer reduzierten Netzschwefelaufwandmenge (2 kg/ha) zugegeben wurden, ließen keinen signifikanten Einfluss auf den Schorfbefall der Blätter und Früchte im Vergleich zur zusatzfreien Netzschwefelbehandlung erkennen (Straub, 1995).

Die Versuche mit den Präparaten VULKASAN, ULMASUD, MYCOSIN, Kaliumpermanganat, Vitamin E sowie mit den Algenpräparaten, die sowohl in Kombination mit Netzschwefel wie auch als alleiniges Behandlungsmittel eingesetzt wurden, sind in den nachstehenden Kapiteln bei der jeweiligen Stoffgruppe aufgeführt.

8.2.3 Flüssige Netzschwefelpräparate

Flüssige Netzschwefelpräparate, die als Zusatz Kiefernöl enthalten, sollen eine bessere Haftung des Schwefelpräparats und damit eine Reduzierung der Schwefelaufwandmenge ermöglichen (Domange und Dejoux, 1993).

In einem in Südfrankreich durchgeführten Versuch zeigte die Behandlung mit flüssigem Schwefelpräparat (HELIOSOUFRE) im ersten Jahr gegenüber der Netzschwefelvariante mit der knapp zweifachen Schwefelaufwandmenge (– war mit 8 kg relativ hoch –) kaum einen Einfluss (Domange und Dejoux, 1993). Im Folgejahr wies die Variante mit HELIOSOUFRE mit einem Blatt- und Fruchtbefall von 31,4 % bzw. 20,3 % eine tendenziell bessere Schorfwirkung auf als die reine Netzschwefelbehandlung (49,8 bzw. 25 %). Auch Jansonius *et al.* (2000) konnten bei sehr hohem Schorfbefall in der Netzschwefelvariante durch die Verwendung von HELIOSOUFRE eine tendenziell verbesserte Schorfwirkung erzielen.

Der Zusatz eines Kiefernölpräparats (NUFILM 17) nach der Blüte zu Netzschwefel bewirkte bei sehr geringem Blattschorfbefall von 0,7 % bei der reinen Schwefelbehandlung entsprechend nur eine geringe Reduzierung auf 0,3 % (Pfeiffer, 1995).

Die Nachblütebehandlung mit einer weiteren flüssigen Schwefelformulierung (SUPERSIX) führte dagegen mit ca. 33 % Blattbefall zu einem signifikant schlechteren Ergebnis als die entsprechende Netzschwefelapplikation (ca. 22 % Befall) (Straub und Kienzle, 1991).

8.2.4 Schwefelleber

Die Herstellung von Schwefelleber (Hepar sulfuris) basiert auf einer Reaktion aus Elementarschwefel und Kaliumcarbonat (Pottasche). Bei Schwefelleber ist der Anteil reinen Schwefels geringer als im Netzschwefel (<http://www.bba.de/oekoland/oeko3/Schwefel/htm>).

Die Anwendung von Schwefelleber zeigte keine Wirkungsverbesserung gegenüber der Behandlung mit Netzschwefel bei gleichem Reinschwefelgehalt (Kelderer *et al.*, 1997). Bei sehr geringem Infektionsdruck konnten mit einem Befall der Kurz- und Langtriebe von ca. 8,5 % bzw. ca. 17 % gegenüber der Netzschwefelbehandlung mit ca. 11,5 bzw. ca. 12 % Befall keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

8.2.5 Schwefelkalk

Bei Schwefelkalk handelt es sich um Calciumpolysulfid. Die Wirkung des Schwefelkalks beruht außer auf der Toxizität des elementaren Schwefels, der bei Kontakt mit der Pflanze freigesetzt wird, auch auf der Alkalinität und der daraus resultierenden ätzenden Wirkung der Polysulfide (Trapman und Drechsler-Elias, 2000; Tweedy, 1981).

Das in den folgenden Versuchen verwendete Schwefelkalkprodukt der Fa. Polisenio enthält 80 % Wirkstoff, der Schwefelanteil beträgt 23 % (Kelderer *et al.*, 2000).

Die vergleichsweise gute Wirkung von Schwefelkalk gegen den Apfelschorf konnte in *in vitro* Keimhemmungsversuchen demonstriert werden (Zemmer, 2001). Es wurde die 90 %ige Hemmung der Konidienkeimung (=ED(effektive Dosis)₉₀) in Abhängigkeit der in der Praxis (Südtirol) üblichen Konzentrationen von Schwefelkalk (30 kg/ha), Kupferpräparat (150 g Cu/ha), Netzschwefel (9,7 kg/ha) sowie von dem fungiziden Wirkstoff Dithianon bestimmt. Der ED₉₀-Wert wurde bei Schwefelkalk bereits bei 0,27 % der praxisüblichen Konzentration erreicht. Die anderen Präparate bewirkten eine entsprechende Hemmung erst bei 1,18 % (Dithianon), 17,5 % (Kupfer) bzw. 56,03 % (Netzschwefel) der gebräuchlichen Aufwandmenge.

Im Gegensatz zum Netzschwefel besitzt Schwefelkalk auch bei niedrigen Temperaturen eine gute Schorfwirkung. Dies zeigte sich bei frühen Bonituren der wöchentlichen Behandlungen mit Schwefelkalkbrühe (20-15 l/ha) am Versuchsstandort Ahrweiler (Zimmer, 1997, 2000a). So war in zwei Versuchsjahren der Blattbefall der Kurztriebe mit ca. 0,8-4 % geringer als bei der Netzschwefelvariante (3,9-12 %). Ebenso konnte der Anteil der befallenen Blätter an den Langtrieben im Vergleich zur Netzschwefelvariante von 16,3 auf 4,3 % bzw. von ca. 21 auf ca. 8,5 % reduziert werden.

In den Versuchen in Italien und Österreich konnte nach der Behandlung mit Schwefelkalk bei hohen Konzentrationen eine der Kupferbehandlung entsprechende bis tendenziell geringere Schorfwirkung nachgewiesen werden (Kelderer, 1996; Kelderer *et al.*, 1997; Steffek, 1999). Die Zugabe von Bentonit zu Schwefelkalk brachte keine verbesserte Schorfwirkung (Kelderer, 1996). Dagegen konnte Sojalezithin die Wirkung von Schwefelkalk erhöhen (Kelderer, 2001).

Eine einmalige Vorblütebehandlung mit 20 kg/ha und nachfolgenden Behandlungen mit 10-15 kg Schwefelkalk führten zu einem geringeren Bekämpfungserfolg als die Kupfer-Netzschwefelbehandlung (Steffek, 1999; Pfeiffer, 2000 a, b). Am Versuchsstandort Heuchlingen konnte Pfeiffer (2000a, b) bei der Schwefelkalkvariante einen Befall der Langtriebblätter und Früchte von 29 bzw. ca. 38 % nachweisen. Die Variante mit 250 g Cu/ha (in der Vorblüte) und Netzschwefel erzielte dagegen Befallswerte von 21,4 bzw. ca. 9 %. Nach Erfahrungen aus Praxisbetrieben in den Niederlanden ist die präventive Leistung von Schwefelkalk geringer als die des Kupfers (Hilbers, 2000).

Eine deutliche Verminderung des Schorfbefalls auch bei geringer Aufwandmenge von Schwefelkalk (10-7,5 kg/ha = 2-1,5 %) konnte Fried (2001) am Versuchsstandort Augustenberg bei Behandlungen bis Mitte Juli nachweisen. Gegenüber der unbehandelten Kontrolle war Ende Juni der Blattbefall von 45,2 auf 5,5 % und der Fruchtbefall von 33,2 auf 2,7 % reduziert. Im nachfolgenden Zeitraum, in dem keine Behandlungen mehr erfolgten, erhöhte sich in der Schwefelkalkvariante der Anteil der befallenen Früchte auf 9,1 %, war aber im Vergleich zur Kontrolle mit 76,8 % noch deutlich reduziert. Die mit Dithianon behandelte Variante wies dagegen weder bei den Blättern noch bei den Früchten Schorfbefall auf.

Jeweils befallsfreie Blätter und Früchte konnte Geipel (1999) bei gezielter Bekämpfungsstrategie (mit 18 Behandlungen) mit 1,5 % Schwefelkalkbrühe erzielen. Der Fruchtschorfbefall variierte je nach Sorte bei den unbehandelten Sorten von 15-57 %.

Die gezielte Behandlung mit Schwefelkalk – Applikation auf das nasse Blatt, kurz vor erfolgter Infektion nach Mills – führte unabhängig vom Infektionsdruck zu einer tendenziell besseren Schorfwirkung gegenüber der vorbeugenden Bekämpfungsstrategie (Kelderer *et al.*, 1997; Pfeiffer, 2000a, b; Zimmer, 2000b).

Versuche in den Niederlanden ergaben keine Unterschiede zwischen der vorbeugend-gezielten und der kurativen Behandlung mit Schwefelkalk (Trapman und Drechsler-Elias, 2000). In weiteren Versuchen in den Niederlanden und Italien im Folgejahr zur genauen Bestimmung der kurativen Wirkungsdauer von Schwefelkalk konnten keine Unterschiede zwischen den Behandlungen 10, 20 bzw. 30 h nach dem Infektionstermin festgestellt werden. Der Wirkungsgrad betrug, auch nach stärkeren Infektionsperioden, jeweils (nahezu) 100 %.

Die kurative Wirkung von Schwefelkalk konnte auch in Gewächshausversuchen nachgewiesen werden. Während Späth (2000) bei Applikation 8 h nach der Inokulation bereits einen Wirkungsverlust gegenüber der nach 4 h erfolgten Behandlung mit Schwefelkalk feststellen konnte, blieben in den Versuchen von Zemmer (2001) die Apfelsämlinge bei Behandlungen, die bis zu 19 oder 21 h nach der Inokulation erfolgten, noch befallsfrei. Da die Schwefelkalkbrühe in beiden Versuchen die gleiche Konzentration (2 %) aufwies, könnten die Differenzen bezüglich der kurativen Wirkung auf unterschiedliche Bedingungen der Blattfeuchte im Zeitraum nach der Behandlung beruhen. Denn Zemmer (2001) konnte bei anhaltender hoher Luftfeuchte eine tendenziell bessere Wirksamkeit feststellen, während die Behandlung am nassen Blatt, das anschließend abtrocknete, geringere Wirksamkeit zeigte.

Mikroskopische Untersuchungen an 'Golden Delicious'-Sämlingen belegten erstmals die kurative Wirkung von Schwefelkalk (Zemmer, 2001). Es konnte demonstriert werden, dass Schwefelkalk bei postinfektioneller Anwendung auf frühe Stadien des primären subkutikulären Stromas von *V. inaequalis* wirkt und die Weiterentwicklung zum sekundären Stroma verhindert.

8.3 Nebenwirkungen

Die schädigende Wirkung von Netzschwefel auf die Raubmilbenpopulation konnte auch in den vorliegenden Versuchen bestätigt werden (Kelderer *et al.*, 1997, 2000; Palm, 1999).

Aufgrund der akariziden Eigenschaften des Schwefels blieb die Variante mit Netzschwefel nahezu frei von Rostmilbenbefall, während die unbehandelte Kontrolle stark mit der Apfelrostmilbe befallen war (Becker *et al.*, 1993).

Die gegen den Schorfpilz durchgeführten Spritzungen wirkten sich auch deutlich reduzierend auf den Mehltaubefall aus (Zimmer, 2000a; Becker *et al.*, 1993; Straub, 1993).

In den vorliegenden Versuchen übte Netzschwefel gegenüber der unbehandelten Kontrolle entweder keinen Einfluss auf die Berostung aus (Jansonius *et al.*, 2000; Kelderer *et al.*, 1996) oder wirkte sogar berostungsmindernd (Straub und Kienzle, 1992; Kelderer *et al.*, 1997, Pfeiffer, 2000a). Die geringere Berostung in den Schwefelvarianten läßt sich mit dem verminderten Mehltau- und Rostmilbenbefall begründen (Becker *et al.*, 1993; Straub, 1993).

Denn sowohl Mehltau als auch Apfelrostmilben können eine Berostung der Früchte hervorrufen (Hoffman *et al.* 1994; Easterbrook und Fuller, 1986).

Der in den Netzschwefelvarianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle ca. 2-3fach höhere Anteil gut ausgefärbter Früchte war ebenfalls mit dem geringen Befall der Apfelrostmilbe korreliert (Becker *et al.*, 1993; Straub 1993).

Auch der Befall mit der Mehligten Apfellaus ließ sich durch die Applikation von Netzschwefel gegenüber der unbehandelten Kontrolle reduzieren (Straub, 1993). Bezüglich der anderen untersuchten Schädlinge (Schalenwickler, Apfelwickler, Spanner, Fruchtstecher und Ohrwurm) konnten zwischen den Varianten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden, wobei die Streuung innerhalb der Wiederholungen sehr hoch war.

Bei den Untersuchungen zur inneren Fruchtqualität konnte im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle bei der Behandlung mit Netzschwefel (in Kombination mit Kupfer in der Vorblüte) nur ein etwas erhöhter Zuckergehalt gemessen werden (Becker *et al.*, 1993). Der Stärke- und Säuregehalt sowie die Fruchtfleischfestigkeit blieben unbeeinflusst.

Die Komponenten der NAB-Mischung, Algenkalk und Bentonit, verursachen Spritzflecken auf Blättern und Früchten (Keipert, 1990). Außerdem wirkt Bentonit korrosiv (Domange und Dejoux, 1993).

Der Zusatz des Gesteinsmehls ROCKSIL schien die negative Auswirkung des Netzschwefels auf die Raubmilbenpopulation zu verstärken, konnte aber den Anteil der stark berosteten Früchte im Vergleich zur alleinigen Netzschwefelbehandlung von 4,4 auf 0,6 % reduzieren (Kelderer *et al.*, 1997).

Das flüssige Schwefelpräparat HELIOSOUFRE verursachte in einem Versuch (bei sehr hohem Infektionsdruck) phytotoxische Reaktionen an den Laub- und Blütenblättern, führte aber nicht zu einer erhöhten Berostung im Vergleich zur Netzschwefelapplikation bzw. zur unbehandelten Kontrolle (Jansonius *et al.*, 2000).

Die Behandlung mit Schwefelleber erhöhte gegenüber der Netzschwefelvariante den Anteil der stark berosteten Äpfel von 4,4 auf 13,5 % (Kelderer *et al.*, 1997). Bezüglich des Raubmilbenbefalls war keine veränderte Wirkung erkennbar.

Der Besatz mit Rostmilben (*Aculus schlechtendali*) in den Blütenknospen war bei Zusatz des Pflanzenöls CODACIDE OIL signifikant geringer als bei der alleinigen Behandlung mit Netzschwefel (Straub, 1995).

Nach den Versuchsergebnissen von Kelderer *et al.* (1997, 2000) übt Schwefelkalk auf die Raubmilbenpopulation im Vergleich zu den Netzschwefelbehandlungen einen tendenziell stärker reduzierenden Effekt aus. Bei wöchentlichen Behandlungen mit Schwefelkalk konnte auch eine – mit den bei Netzschwefel-Applikationen vergleichbare – erfolgreiche Bekämpfung des Mehltaubefalls erreicht werden (Zimmer 2000a; Fried, 2001).

Schwefelkalk besitzt fruchtausdünnende Wirkung (Jansonius und Bloksma, 2000; Pfeiffer, 2000c). Bezüglich der hierfür benötigten Konzentration und Anzahl der Behandlungen gibt es jedoch differierende Aussagen. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei auch die Wasseraufwandmenge. Während Pfeiffer (2000c) bei einmaliger Behandlung mit 1200 l/ha Spritzbrühe (2 %) eine ausreichende Fruchtausdünnung feststellte, konnte Zimmer (2000a) bei der zur Schorfbekämpfung verwendeten Wassermenge von 500 l/ha mit 3 %iger Schwefelkalkbrühe (3 %) keinen Ausdünnungseffekt beobachten.

Da Schwefelkalk eine düngende Wirkung zugesprochen wird, insbesondere in Form einer Erhöhung des Calciumgehalts in der Pflanze, überprüfte Zimmer (2000a) in zwei Versuchsjahren an verschiedenen Terminen den Einfluss der Schwefelkalkapplikationen auf den Calciumgehalt in Blättern, Knospen und im Holz. Bei den Blättern konnte an insgesamt vier Terminen im Mai, Juni und September jeweils höhere Gehalte als in der unbehandelten Kontrolle und im Gegensatz zur Kontrolle bis zum Juni auch eine kontinuierliche Zunahme gemessen werden. Bei den jeweils einmalig im März durchgeführten Analysen bei den Knospen und im Holz konnte dagegen keine eindeutige Erhöhung der Calciumgehalte infolge der Behandlung mit Schwefelkalk festgestellt werden.

Bei sehr enger Spritzfolge bis Mitte Juli führte der Einsatz von Schwefelkalk bei manchen Sorten zu Sonnenbrandflecken auf der Fruchtschale (Geipel, 1999; Fried, 2001).

In den Versuchen in Südtirol wurde bei Einsatz von Schwefelkalk im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle eine erhöhte Berostung festgestellt, die jedoch gegenüber den Kupfervarianten deutlich geringer war (Kelderer, 1996; Kelderer *et al.*, 1997). Während der Anteil (stark) berosteter Früchte in den beiden Versuchsjahren bei den Kontrollen ca. 1,5 bzw. 8,8 % betrug, lagen die Werte bei den vorbeugend mit Schwefelkalk behandelten Varianten bei ca. 5,5 bzw. 13,3 %, bei den Kupfervarianten dagegen bei 21-33 %. Ein negativer Einfluss durch Schwefelkalk auf das nasse Blatt bei der gezielten Bekämpfungsstrategie ließ sich hierbei nicht beobachten (Kelderer *et al.*, 1997).

Bei den Versuchen von Pfeiffer (2000a) war der Anteil der mittel und stark berosteten Früchte maximal um 5 % (absolut) höher als in der unbehandelten Kontrolle und damit deutlich geringer als in den Kupfer-Netzschwefelvarianten. Geipel (1999) konnte trotz der hohen Anzahl an Spritzungen keine verstärkte Berostung durch Schwefelkalk feststellen.

Die Zugabe von Bentonit zu Schwefelkalk bewirkte eine Reduzierung der Anzahl berosteter Äpfel von ca. 5,5 % auf ca. 2,8 % (Kelderer *et al.*, 1996).

In den mehrjährigen Versuchen in den Niederlanden konnte im Jahr 2000 bei geringem Schorfdruck in der Primärsaison an der Sorte ('Jonagold') erstmals eine hohe Berostung bei der Verwendung von Schwefelkalk (1,5-2%) festgestellt werden (Trapman und Drechsler-Elias, 2000). Während bei der unbehandelten Kontrolle der Anteil stark berosteter Früchte 3 % betrug, waren in den Versuchsvarianten 28-44 % der Äpfel stark berostet. Auch in den Obstbaubetrieben traten im Mai, nach Behandlungen mit Schwefelkalk, teilweise extreme Berostungen auf (Trapman und Drechsler-Elias, 2000).

Bei Verwendung von Rückenspritzen wurden starke phytotoxische Effekte an den Blättern beobachtet (Trapman und Drechsler-Elias, 2000; Jansonius *et al.*, 2000). Bei praxisüblicher Applikationstechnik und gleicher Mittelmenge treten diese Effekte in deutlich geringerem Ausmaß auf (Trapman und Drechsler-Elias, 2000). Von einem auffallend guten Blattstand bei der Anwendung von Schwefelkalk berichtet Zimmer (2000a) im Rahmen von dreijährigen Versuchen am Standort Ahrweiler.

Aufgrund der starken Spritzflecken, die Schwefelkalk auf den Früchten verursacht, wird eine Anwendung nur bis Ende Juni, maximal Mitte Juli empfohlen (Zimmer, 2000a; Trapman und Drechsler-Elias, 2000; Fried, 2001). Darüberhinaus sollten vom Spritznebel getroffene Maschinen und Geräte nach jeder Behandlung gesäubert werden, da Schwefelkalk zu einem schwer abwischbaren gelblichen Belag führt (Zimmer, 2000a).

8.4 Diskussion

Bei Netzschwefel handelt es sich um ein schwaches Fungizid, das bei niedrigen Temperaturen (<10 °C) – wie sie oftmals im Frühjahr vorliegen – nicht wirksam ist und leicht abgewaschen wird. Nur unter bestimmten klimatischen Voraussetzungen läßt sich der Apfelschorf erfolgreich mit Netzschwefelbehandlungen bekämpfen.

Die NAB-Mischung, welche zu jeweils einem Drittel aus Bentonit, Algenkalk und Netzschwefel besteht, wurde noch bis vor einigen Jahren verstärkt im biologischen Obstbau eingesetzt (Keipert, 1990; Lust, 1991; Boscheri und Mantinger, 1994). Allerdings waren bis zu 30 Spritzungen und mehr nötig, um den Apfelschorf wirksam bekämpfen zu können (Boscheri und Mantinger, 1994). Die häufigen Behandlungen führten dabei zu erhöhten Berostungen und zu einem verminderten Fruchtansatz. Die zugesetzten Komponenten Algenkalk und Bentonit sollen die Aggressivität des Schwefels mindern, insbesondere bei warmem Wetter. Bezüglich der Schorfwirkung erscheint die NAB-Mischung weniger effektiv als die reine Netzschwefelbehandlung.

Eine Wirkungssteigerung scheint durch die Verwendung einer flüssigen Schwefelformulierung mit Kiefernöl erreicht werden zu können. Da die Versuche z.T. extreme Bedingungen – sehr hoher bzw. sehr geringer Infektionsdruck – aufwiesen, wären weitere Versuche zur Absicherung nötig. Außerdem konnten in einem Versuch, allerdings bei starkem Infektionsdruck, phytotoxische Reaktionen an Blättern und Früchten (Berostung) beobachtet werden.

Durch die verschiedenen Zusätze konnte die Wirksamkeit des Netzschwefels nicht gesteigert werden. Das Gesteinsmehl ROCKSIL erhöhte die Pflanzenverträglichkeit, indem es den Anteil der berosteten Früchte zu reduzieren vermochte.

Netzschwefel besitzt eine akarizide Wirkung. Mit den gegen Apfelschorfpilz durchgeführten Behandlungen konnte der Mehltaubefall wie auch der Befall durch die Mehligke Apfellaus wirksam vermindert werden. Der geringe Befall durch Apfelrostmilbe und Mehltau war mit geringer Berostung der Fruchtschale korreliert und wirkte sich positiv auf die Fruchtausfärbung aus.

Seit einigen Jahren wird wieder verstärkt Schwefelkalk eingesetzt. Mit der Schwefelkalkbrühe konnten bisher überwiegend gute Bekämpfungserfolge gegen den Schorf erzielt werden. In Abhängigkeit der Konzentration scheint Schwefelkalk jedoch im Vergleich zur Kupferbehandlung in der Vorblüte eine geringere Schorfwirkung zu besitzen. Ein entscheidender Vorteil liegt in der kurativen Wirkung dieses Pflanzenschutzmittels, die bereits schon von Mills (1944) beschrieben und erstmals auch in mikroskopischen Studien nachgewiesen wurde. In den Versuchen von Trapman und Drechsler-Elias (2000) konnte eine kurative Wirkungsdauer von (mindestens) 30 h nachgewiesen werden. Mills (1944) geht von einer maximalen Kurativleistung von 42 h aus. Damit ist die kurative Wirkung von Schwefelkalk gegenüber den entsprechenden organisch-chemischen Fungiziden, die eine kurative Wirkungsdauer von 2-5 Tagen aufweisen (Palm, 1989; Pontzen und Scheinpflug, 1989), zwar geringer, es bietet aber eine wichtige Möglichkeit, bei „verpassten“ Spritzungen zu reagieren.

Die Verwendung von Schwefelkalk weist aber einige Nachteile auf. So kann die aggressive Schwefelkalkbrühe phytotoxische Reaktionen hervorrufen. Die Gefahr von Blattnekrosen und Fruchtberostungen ist besonders hoch bei starken Temperaturschwankungen (kalte Nächte im Frühjahr) unmittelbar nach der Behandlung (Tweedy, 1981; Geipel, 1999). Ein regelmäßiger Einsatz von Schwefelkalk in der Vorblüte ist daher nicht zu empfehlen. Die Gründe für die erstmals im hohen Maße auftretenden Berostungsschäden in den Versuchen in den Niederlanden sind nicht bekannt. Weitere Erfahrungen an den verschiedenen Versuchstandorten und in den Praxisbetrieben müssen daher gesammelt werden. Auch in der Hinsicht, inwieweit die Berostungsgefahr gemindert werden kann. So zeigte z.B. Bentonit in dem Versuch von Kelderer (1996) eine tendenzielle berostungsmindernde Wirkung. Außerdem besteht die Gefahr einer Fruchtausdünnung bei Schwefelkalkbehandlungen in der Blüte. Aufgrund der

starken Spritzflecken, die Schwefelkalk auf den Blättern und Früchten verursacht, ist eine Behandlung nur bis Mitte Juli möglich. Die aufgrund der Belagsbildung erforderliche Säuberung der Geräte und Maschinen nach jeder Spritzung stellt für den Anwender ebenfalls einen (zeitaufwendigen) Nachteil dar. Damit die ätzende Wirkung der Schwefelkalkbrühe zum Tragen kommt, sind zudem große Spritzvolumen notwendig (Trapman und Drechsler-Elias, 2000).

Alle diese Fakten resultierend sollten die Spritzungen mit Schwefelkalk auf einzelne (kurative) Anwendungen begrenzt bleiben.

9 Alternative Präparate – Pflanzenstärkungsmittel

Gemäß der Bestimmung des Pflanzenschutzgesetzes sind „Pflanzenstärkungsmittel Stoffe, die ausschließlich dazu bestimmt sind, die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegen Schadorganismen zu erhöhen“ (<http://www.bba.de/oekoland/staerk/staerk1.htm>). Pflanzenstärkungsmittel üben damit keine direkte biozide Wirkung auf den Krankheitserreger aus. Sie lassen sich nach ihrer Zusammensetzung in anorganische (Gesteinsmehle, Tonerden) und organische (Algen-, Pflanzen- und Kompostextrakte) Komponenten sowie in mikrobielle Präparationen einteilen. Die in den folgenden Kapiteln (9.1-9.9) aufgeführten Präparate zur Behandlung gegen den Apfelschorfpilz sind in die Gruppe der indirekt wirkenden Pflanzenbehandlungsmittel einzuordnen, wobei von diesen Folgende als Pflanzenstärkungsmittel registriert sind (Stand: 30.09.2001, <http://www.bba.de/oekoland/staerk/staerk.htm>): BIOFA PHYTOFIT, ENVIREPEL, HF PILZVORSORGE, NEUDOVITAL, MYCOSIN, ULMASUD B sowie VULKASAN.

9.1 Anorganische Präparate, Gesteinsmehle, Tonerden

9.1.1 Schorfwirkung

Bosshard und Häseli (1993) berichten im Rahmen von Screening Versuchen im Gewächshaus von einer sehr guten Schorfwirkung mit 0,2 % Kaliumpermanganat. In Freilandversuchen und in geringerer Konzentration (0,1 %) erbrachte die Nachblütebehandlung mit Kaliumpermanganat – bei Kupfer-Netzschwefelbehandlung in der Vorblüte – im Vergleich zur Variante mit Netzschwefel insgesamt keine verbesserte Schorfwirkung (Pfeiffer, 2000a, b). Im folgenden Versuchsjahr ergab der Einsatz von Kaliumpermanganat in Kombination mit Netzschwefel für die Blätter der Kurz- und Langtriebe ähnliche Befallswerte wie bei der entsprechenden Nachblütebehandlung nur mit Netzschwefel. Bezüglich des Fruchtschorfbefalls war ein positiver Einfluss des Oxidationsmittels erkennbar. Der Anteil der stark befallenen Früchte war mit ca. 2,5 % bei der Verwendung von Kaliumpermanganat etwas geringer als bei der zusatzfreien Variante mit ca. 6,5 % (Pfeiffer, 2000 a, b). Beim Einsatz von Kaliumpermanganat während der gesamten Vegetationsperiode konnte in Versuchen im Alten Land kein Einfluss auf den Schorfbefall festgestellt werden (Palm, 2001).

Die Behandlung mit Wasserglas (Natriumsilikat) zeigte in Gewächshausversuchen eine schwache Wirkung gegen Apfelschorf (Bosshard und Häseli, 1993). Ebenso konnte in Freilandversuchen unter Zusatz eines Schachtelhalmaufgusses nur eine schlechte Wirkung erzielt werden. Eine eindeutige Wirkung von Wasserglas gegen Triebshorff konnte ebenfalls nicht festgestellt werden.

Unter Gewächshausbedingungen wurde bei Applikation von VULKASAN keine Schorfwirkung festgestellt (Bosshard und Häseli, 1993). Auch in Freilandversuchen erwiesen sich die Gesteinsmehle aus Phonolith (VULKAMIN, VUKASAN)) als unwirksam (Kohler, 1991). Entsprechend konnte die Wirkung des Netzschwefels durch Zugabe einer Kombination aus VULKASAN und Seife nicht erhöht werden (Straub, 1995). Auch die Tonerdepräparate AION A, DIABAS (Bentonit) und WITA BIO STAUB zeigten in den Screening Versuchen von Bosshard und Häseli (1993) keine bzw. eine schwache Schorfwirkung. Mit einer Kombination aus DIABAS ULTRAFEIN und Molke konnte in Freilandversuchen keine Schorfwirkung festgestellt werden (Steffek, 1999).

Das Gesteinsmehl ULMASUD bewirkte in der praxisüblichen Konzentration (1%) in *in vitro* Versuchen eine (nahezu) 100 %ige Hemmung der Konidienkeimung von *V. inaequalis* (Becker *et al.*, 1993). In Gewächshausversuchen erzielten Behandlungen mit ULMASUD einen Wirkungsgrad von 40-50 % (Bosshard und Häseli, 1993).

In zahlreichen Versuchen wurde die Schorfwirkung von ULMASUD im Vergleich zur Wirkung der Kupfer- und Netzschwefelpräparate untersucht, die im Folgenden aufgeführt sind.

In Untersuchungen zur Fragestellung, ob Kupferpräparate in der Vorblütebehandlung durch ULMASUD ersetzt werden können, zeigte in einem Versuch am Bodensee die ULMASUD-Behandlung in der Vorblüte einen deutlich höheren Schorfbefall als die entsprechende Kupferbehandlung, die ca. 23 bzw. 18 % befallene Kurztriebblätter bzw. Früchte aufwies (Karrer, 1992). Mit den entsprechenden Befallswerten von knapp 60 % bzw. ca. 75% war in der ULMASUD-Variante im Vergleich zur (nicht wiederholten) Kontrolle so gut wie keine Schorfwirkung erkennbar. Die Behandlung mit Netzschwefel zeigte im Vergleich zur Behandlung mit ULMASUD eine signifikant bessere Schorfwirkung, die allerdings mit einem Fruchtbefall von ca. 57 % ebenfalls unzureichend war.

Straub und Kienzie (1991) konnten bei Einsatz von ULMASUD in der Vorblüte (bei anschließender Einstellung der Spritzungen) zwar bei der frühen Bonitur (Mai) der Langtriebe bezüglich des Blattbefalls einen nur tendenziell geringeren Blattbefall gegenüber der Kupfervariante nachweisen, bezüglich der Befallstärke der Früchte war jedoch ein deutlich geringerer Einfluss von ULMASUD im Vergleich zum Kupferpräparat erkennbar.

Bei Behandlungen bis zum Triebabschluss wurde bei der ULMASUD-Variante ebenfalls ein höherer Blatt- und Fruchtbefall festgestellt als bei der entsprechenden Versuchsreihe mit Kupfer (nur in Vorblüte)+Netzschwefel (Becker *et al.*, 1993). Während die Kupfer-Schwefelvariante gegenüber der unbehandelten Kontrolle den Anteil der befallenen Früchte von 28,3 auf 3,4 % reduzieren konnte, wies die ULMASUD-Behandlung 15 % schorfbefallene Äpfel auf.

Eine der Kupferbehandlung vergleichbare Schorfwirkung konnten dagegen Straub und Kienzle (1992) beim Einsatz von ULMASUD feststellen. Trotz des hohen, fast 100 %igen Fruchtbefalls der unbehandelten Kontrolle – bei geringem Befall der Kurz- und Langtriebe im Mai – konnte die Behandlung mit ULMASUD den Befall auf ca. 18 % reduzieren, wobei davon 16 % (entsprechend der Kupfervariante) nur 1-3 Flecken aufwiesen. Allerdings zeichnete sich hier auch der (sonst eher unzureichend wirkende) Einsatz von Netzschwefel durch eine ähnliche Schorfwirkung aus.

An zwei verschiedenen Standorten am Bodensee wies die alleinige Behandlung mit ULMASUD in beiden Versuchsjahren jeweils einen Blattschorfbefall von über 40 %, in einem Fall sogar über 80 %, auf und zeigte damit ebenfalls (wie auch bezüglich des Fruchtschorfbefalls) eine gegenüber der reinen Netzschwefelapplikation vergleichbare bzw. geringere Wirkung (Kern, 1991). Auch die Zugabe von ULMASUD zu Netzschwefel erbrachte von einer Ausnahme abgesehen keine verbesserte Schorfwirkung im Vergleich zur alleinigen Netzschwefelbehandlung. Nur am Versuchsstandort Heuchlingen erhöhte in einem Fall die ULMASUD-Zugabe – allerdings in der doppelten Konzentration (2 %) in der Vorblüte – gegenüber der zusatzfreien Behandlung mit Netzschwefel den Anteil der befallsfreien Früchte von ca. 21 % auf ca. 70 % (Kern, 1991). Straub (1995) konnte am selben Versuchsstandort (Heuchlingen) in einem erneuten zweijährigen Versuch keine veränderte Schorfwirkung durch den Zusatz von ULMASUD nachweisen.

Kohler (1991) attestiert ULMASUD aufgrund entsprechender einjähriger Versuchsergebnisse eine eben noch ausreichende bis ungenügende Wirkung gegen den Apfelschorf.

In einer vierjährigen Studie in der Schweiz wurde – vorwiegend in Betrieben unter praxisüblichen Bedingungen – die Anwendung von ULMASUD getestet (Bosshard und Häseli, 1993). Die Wirkung bezüglich des Fruchtschorfbefalls variierte wie auch bei den parallel durchgeführten Netzschwefelbehandlungen je nach Sorte, Jahr und Standort zwischen 0-100 %, wobei ULMASUD in den meisten Fällen eine geringere Wirkung zeigte.

9.1.2 Nebenwirkungen

Die Nachblütebehandlung mit Kaliumpermanganat im ersten Versuchsjahr bewirkte im Vergleich zur analogen Netzschwefelvariante einen höheren Fruchtertrag (Pfeiffer, 2000a). Ebenso war der Fruchtansatz zu Beginn des darauffolgenden Jahres in der Kaliumpermanganatvariante deutlich höher, wodurch es zum Zeitpunkt der Ernte erneut zu einer Ertragssteigerung kam.

Das Tonerdepräparat DIABAS ULTRAFEIN (Bentonit) verursachte starke Spritzflecken (Steffek, 1999).

Die toxische Wirkung von VULKAMIN auf die Raubmilbe *Typhlodromus pyri* konnte in Laborversuchen nachgewiesen werden (Siggelkow und Jäckel, 1998) und wurde von Kohler (1991) auch bezüglich ULMASUD bestätigt.

ULMASUD verursachte im Gewächshausversuch phytotoxische Reaktionen, die bei einer Erhöhung der Konzentration auf 2 % fast zum Absterben der Sämlinge führte (Becker *et al.*, 1993). Auch Kern (1991) konnte mit 2 % ULMASUD in der Vorblüte (1 % in Nachblüte) in Kombination mit Netzschwefel ein verstärktes Auftreten nekrotischer Blattflecke beobachten. Das Ausmaß der phytotoxischen Schäden war dabei mit der Schorfwirkung korreliert. In dem Versuch am Standort Heuchlingen, in der ULMASUD eine vergleichsweise gute Wirkung gegen den Apfelschorf zeigte (s. 9.1.1), waren 43,6 % der Blätter beschädigt, in dem Versuchsjahr zuvor bei nicht nachweisbarer Wirkung 8,8 %. Straub und Kienzle (1992) konnten in ihrem Versuch mit hoher Spritzfolge, in dem die Behandlung mit ULMASUD zu einer erfolgreichen Bekämpfung führte, ebenfalls phytotoxische Reaktionen (Berostungen) feststellen. Etwa 58 % der Früchte wiesen in der ULMASUD-Variante eine berostete Schale auf.

Gegen Mehltau zeigte ULMASUD ebenfalls eine toxische, im Vergleich zum Netzschwefel, eine etwas geringere Wirkung (Becker *et al.*, 1993).

9.2 Mischpräparate auf der Basis von Gesteinsmehlen/Tonerden

9.2.1 Schorfwirkung

Das Präparat SILKABEN, das neben Bentonit auch Quarz und Algenkalk enthält, bewirkte in Kombination mit einem Algenpräparat (ROTENBURGER MEERESALGEN) eine signifikante Erhöhung des Schorfbefalls (Schmitz *et al.*, 1997).

Die geringe Wirkung von BIOSIN – enthält neben Steinmehle und Algenkalk auch Hefe- und Pflanzenextrakte – zeigte sich bereits beim Keimhemmungstest, bei dem die Keimungsrate der Schorfkonidien gegenüber der nicht behandelten Variante nur um 16 % reduziert wurde (Becker

et al., 1993). In den Gewächshausversuchen verminderte BIOSIN bei der erhöhten Konzentration von 2 % die Befallsfläche der Kontrolle von 100 auf nur ca. 70 % (Becker *et al.*, 1993). Entsprechend wiesen die Behandlungen mit 1 % BIOSIN mit ca. 14 % Blattbefall der Langtriebe kaum Unterschiede zur nicht behandelten Kontrolle auf, allerdings konnte der Befall der Früchte (ähnlich der ULMASUD Variante) von 28,3 auf 13,5 % reduziert werden (Becker *et al.*, 1993).

BIOSAN, das schwefelhaltige Analogon zu BIOSIN, zeigte in mehreren Versuchen eine z.T. deutlich geringere Schorfwirkung als Netzschwefel (Kern, 1991).

Keinen Einfluss auf den Schorfbefall ließ das Präparat SEMIRAMIN, ein Produkt aus Gesteinsmehl und Mistelextrakt, erkennen (Straub und Kienzle, 1998).

Während die Behandlungen mit ÖKOFLUID-P – einem Mischpräparat aus Gesteinsmehl, Lezithin, Humus- und Kräuterextrakte – bei der ersten Bonitur Ende Juni mit einem Blatt- und Fruchtbefall von 3,6 bzw. 3 % noch gute Wirksamkeit zeigten, konnten im August Befallswerte von 53,5 bzw. 10,6 % festgestellt werden. Da die Spritzungen Ende Juni eingestellt wurden, wären weitere Behandlungen nötig gewesen (Fried und Beuschlein, 1997).

Im *in vitro* Keimhemmungstest und in Gewächshausversuchen zeigte das Tonerdepräparat mit Pflanzenextrakten, MYCOSIN, eine geringere Wirkung als Netzschwefel und als ULMASUD (Becker *et al.*, 1993). Ein ähnliches Resultat wurde im Freilandversuch erzielt. Die Behandlung mit MYCOSIN bewirkte im Vergleich zur unbehandelten Variante eine Reduzierung der schorfbefallenen Blätter von ca. 15 auf 10 % und der befallenen Früchte von 28,3 auf 15,7 %. Die Befallswerte der ULMASUD-Variante betragen ca. 6 und 15 %, die der Kupfer-Netzschwefelvariante ca. 3,7 und 3,4 %.

Ein positiver Einfluss von MYCOSIN auf die Schorfwirkung bei Zugabe zu Netzschwefel konnte – unabhängig vom Befallsgrad der Schwefelvariante – nicht festgestellt werden (Pfeiffer, 1995; Jansonius *et al.*, 2000).

Eine der Kupfer-Netzschwefelvariante vergleichbare Schorfwirkung wurde bei postinfektioneller Anwendung von MYCOSIN erzielt (Straub, 1993). Der Blattbefall der unbehandelten Kontrolle an den Kurz- bzw. Langtrieben konnte durch die MYCOSIN-Behandlung von 16,5 auf ca. 6,5 % bzw. von 17,1 auf ca. 7 % reduziert werden. Die Befallswerte der MYCOSIN-Variante ließen sich statistisch nicht von denen der entsprechenden Kupfer-Schwefelbehandlung (ca. 3 bzw. 5,5 %) unterscheiden. Diese relativ gute Wirkung von MYCOSIN ist hierbei wohl zum Teil auf die kurz aufeinanderfolgenden Infektionsperioden zurückzuführen (Straub, 1993). Durch die kurzen Abstände war bei einigen Infektionsterminen teilweise noch Belag von der vorhergehenden Spritzung vorhanden, welcher bei präinfektioneller Behandlung durch nachfolgende

Niederschläge stärker verdünnt gewesen wäre. Eine kurative Wirkung von MYCOSIN konnte damit nicht eindeutig festgestellt werden.

MYCOSAN, analoges Präparat zu MYCOSIN mit Schwefelzusatz, bewirkte an Sämlingen eine Reduzierung des Schorfbefalls um 96 % (Bosshard und Häseli, 1993). In einem Versuch von Straub und Kienzle (1991) zeigte die Behandlung mit MYCOSAN einen deutlich geringeren Einfluss auf den Schorfbefall als die Kupfer-Netzschwefelvariante. Im Folgejahr erbrachte das Präparat bezüglich der Früchte mit einem Befall von 9 % eine bessere Wirkung als das Kupferpräparat (16 %) (Straub und Kienzle, 1992). Statistisch waren diese Unterschiede jedoch nicht absicherbar. Mehrjährige Versuche mit MYCOSAN in Praxisbetrieben und Versuchsanlagen zeigten einen Wirkungsgrad von 0-100 %, wobei in 16 von den insgesamt 34 Versuchen bezüglich der schorfbefallenen Früchte eine Wirkung von über 70 % erzielt wurde. In den meisten Fällen konnte im Vergleich zu den Varianten mit alleiniger Netzschwefelbehandlung ein vergleichbares oder besseres Resultat erzielt werden (Bosshard und Häseli, 1993; Bosshard, 1993).

9.2.2 Nebenwirkungen

Bei Spritzungen mit ÖKOFLUID-P in die Blüte kam es zu Nekrosen auf den Blütenblättern (Fried, 1997). Nach der Blüte waren die Blätter auf der Unterseite gelblich und etwas deformiert. Ein negativer Einfluss auf die Beschaffenheit der Fruchtschale konnte nicht festgestellt werden.

Eine mit der Wirkung korrelierte Berostung lässt sich (entsprechend den ULMASUD-Varianten) auch bei den Behandlungen mit MYCOSIN bzw. MYCOSAN feststellen. In den Versuchen von Pfeiffer (1995) und Jansonius *et al.* (2000), in denen MYCOSIN in Kombination mit Netzschwefel keine Schorfwirkung zeigte, war durch die MYCOSIN-Zugabe die Berostung nur geringfügig bzw. nicht erhöht. Die erfolgreiche MYCOSAN-Behandlung in dem Versuch von Straub und Kienzle (1992) wies dagegen ca. 60 % berostete Früchte auf.

In Gewächshausversuchen wurden infolge der MYCOSIN-Applikation phytotoxische Reaktionen beobachtet, die im Vergleich zur ULMASUD-Variante nicht ganz so stark ausgeprägt waren (Becker *et al.*, 1993). Bei der Behandlung mit BIOSIN traten keine pflanzenschädigende Effekte auf (Becker *et al.*, 1993).

Physiologische Schäden in Form von Stippigkeit traten bei 6,5 % der Früchte nach MYCOSIN-Behandlung auf und waren damit gegenüber der Kontrolle mit 11,4 % geschädigten Früchten tendenziell verringert (Straub, 1993).

Gegen den Mehлтаubefall zeigten MYCOSIN bzw. BIOSIN eine geringere Wirkung als Netzschwefel (Becker *et al.*, 1993; Straub, 1993).

9.3 Algenpräparate

9.3.1 Schorfwirkung

In Screening Versuchen im Gewächshaus konnten für die Algenpräparate ALGIFERT und FLÜSSIG-ALGEN keine und für ALGENMEHL nur eine geringe Schorfwirkung festgestellt werden (Bosshard und Häseli, 1993). FUNGISAN, das zusätzlich Sojalezithin enthält, zeigte einen Wirkungsgrad von 53 %. In Freilandversuchen jedoch war die Behandlung mit FUNGISAN erfolglos (Bosshard und Häseli, 1993). Ebenso ließ das aus Algenextrakt hergestellte Präparat PHYTOKINAMIN keine Schorfwirkung erkennen (Schüler, 1995). Auch als Zusatz zu Netzschwefel zeigte die Behandlung mit einem Algenpräparat (NORDALGE) keinen Einfluss auf den Schorfbefall (Pfeiffer, 2000a).

Eine z.T. deutliche, wenn auch unzureichende Reduzierung des Schorfbefalls konnte Zimmer (1997; 2000) mit dem Algenpräparat GOEMAR FRUTON SPEZIAL am Versuchsstandort Ahrweiler erzielen. Während bei sehr geringem Schorfdruck –mit nur ca. 4 % befallenen Früchten bei der unbehandelten Kontrolle– kein positiver Effekt der Behandlung mit dem Algenpräparat festgestellt werden konnte, war in den beiden anderen Versuchsjahren der Anteil der befallenen Früchte im Vergleich zur nicht behandelten Variante von 60,1 auf 34,5 % bzw. von ca. 74 % auf ca. 30 % reduziert. Trotz dieser befallsreduzierenden Wirkung konnte das Algenpräparat als Zusatz zu Netzschwefel dessen Schorfwirkung nicht verbessern.

In ökologischen Praxisbetrieben im Alten Land erwiesen sich Behandlungen mit Algenpräparaten (auch GOEMAR), allein wie in Kombination mit Netzschwefel und Kupfermittel, bezüglich der Schorfbekämpfung als deutlich befallsmindernd (Palm, 1997) bzw. völlig unzureichend (Palm, 1999).

9.3.2 Nebenwirkungen

Einen verbesserten Laubzustand (Chlorophyllmessung) durch Zugabe eines Algenpräparats (NORDALGE) zu Netzschwefel konnte Pfeiffer (2000a) nicht nachweisen. Der Verdacht auf eine fruchtausdünnende Wirkung des Algenpräparats bei Spritzungen in der Blüte konnte im darauffolgenden Versuchsjahr nicht bestätigt werden (Pfeiffer, 2000a). Einen positiven Einfluss auf Ertrag oder Fruchtgewicht durch den Zusatz des Algenpräparats GOEMAR FRUTON SPEZIAL zu Netzschwefel konnte auch Zimmer (2000a) nicht feststellen.

9.4 Pflanzenaufgüsse, -extrakte und -öle

In den Screening Versuchen mit 'Golden Delicious'-Sämlingen konnten Bosshard und Häseli (1993) mit selbsthergestellten Aufgüssen von Knoblauch und Meerrettich sowie eine Kombination hiervon nur eine schlechte Schorfwirkung feststellen. Ebenso zeigten ein

Wasserdost-, Vogelknöterich- bzw. ein Zwiebelchalenaufguss keine Wirkung. Ein auch im Freiland getesteter Schachtelhalmaufguss wirkte ebenfalls nicht oder nur unzureichend.

Unverdünnte Extrakte (Blätter, Stiele und Blüten) von *Bellis perennis* (Gänseblümchen) und *Primula veris* (Schlüsselblume) zeigten in den Gewächshausversuchen einen Wirkungsgrad von 53 bzw. 85 % im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, deren Blattfläche im Durchschnitt zu 33 bzw. 23 % befallen war (Bosshard und Häseli, 1993). Die Extrakte wurden aufgrund der aufwendigen Beschaffung des Pflanzenmaterials nicht in Freilandversuchen eingesetzt.

Auch Späth (2000) konnte in Gewächshausversuchen bezüglich der bonitierten Befallstärke eine scheinbare Reduzierung des Schorfbefalls durch die Behandlung mit einem Extrakt aus *Primula veris* feststellen, die der Kupferbehandlung vergleichbar war. Die Anzahl der aus den Läsionen gewonnenen Konidien war allerdings (im Gegensatz zur Kupfervariante) im Vergleich zur insgesamt gering befallenen, unbehandelten Kontrolle nicht vermindert.

Ein im Handel erhältliches Präparat (HF-PILZVORSORGE) aus saponinhaltigem Wurzelextrakt und ätherischen Ölen bewirkte unter Gewächshausbedingungen eine sehr gute Schorfbekämpfung, die in Freilandversuchen jedoch nicht bestätigt werden konnte (Bosshard, 1993; Bosshard und Häseli, 1993).

Ein wässriger Efeublattextrakt (*Hedera helix*) hemmte *in vitro* sowohl die Keimung der Schorfkonidien als auch das Myzelwachstum vollständig (Bosshard, 1992). In Infektionsversuchen an Apfelsämlingen konnte bezüglich der sporulierenden Blattfläche eine Wirksamkeit von 95,8-100 %, bezüglich der Anzahl befallener Blätter von 74,4-100 % erreicht werden (Bosshard, 1992). Mit einem kommerziellen Präparat von α -Hederin, der wirksamen Substanz (Saponin) des Efeuextrakts, konnten vergleichbare Ergebnisse erzielt werden (Bosshard und Häseli, 1993).

Auch im Freilandversuch konnte eine reduzierende Wirkung des Efeuextrakts auf den Schorfbefall festgestellt werden. Bei den Sorten 'Golden Delicious' und 'Idared' wurde der Anteil der befallsfreien Früchte von ca. 15-25 % auf knapp 60 % erhöht und entsprechend der Anteil des Mostobstes deutlich vermindert. Bei der Sorte 'Elstar', die unbehandelt ca. 70 % befallsfreie Früchte aufwies, ließ sich durch die Verwendung des Efeuextrakts der Anteil der gesunden Äpfel nicht weiter steigern, dafür konnte die Anzahl der als Mostobst deklarierten Äpfel von ca. 13 % auf 0 % reduziert werden.

Ein selbsthergestellter Extrakt aus Blackenwurzel (*Rumex obtusifolium*) und käufliche *Rumex*-Präparate zeigten in Gewächshausversuchen eine schlechte Schorfwirkung (Bosshard und Häseli, 1993). Ebenso erwies sich die Schorfwirkung der *Rumex*-Präparate in Freilandversuchen als unzureichend (Bosshard *et al.*, 1994).

Die im Folgenden aufgeführten Versuche mit verschiedenen pflanzlichen Extrakten wurden von Späth (2000) an 'Golden Delicious'-Sämlingen unter Gewächshausbedingungen durchgeführt.

Ein Extrakt aus Gerstenmalz, der unmittelbar vor der Inokulation appliziert wurde, konnte in allen untersuchten Konzentrationen (2-4 %) den Schorfbefall reduzieren. Der 3 %ige Extrakt zeigte dabei die beste Wirksamkeit, der Wirkungsgrad bezogen auf die Anzahl der ausgewaschenen Konidien betrug 75,6 %. Im Vergleich dazu wies die parallel durchgeführte Variante mit einem Kupferpräparat einen Wirkungsgrad von 95,4 % auf.

Bei geringem Schorfbefall der Kontrolle wurden mit zwei saponinhaltigen Pflanzenextraktmischungen der Universität Hohenheim, die am System Gurke/Echter Mehltau (*Erysiphe graminis*) gute Erfolge zeigten, mit einem Wirkungsgrad von 62,2 bzw. 67,5 % ebenfalls eine Reduzierung der Gesamtkonidien erreicht. Der Wirkungsgrad der Kupferbehandlung betrug hier 70,3 %.

In einer dritten Versuchsreihe mit ebenfalls geringem Schorfbefall der Kontrolle konnte bezüglich der Extrakte aus Tormentill (*Potentilla erecta*) und Salbei (*Salvia officinalis*) in Hinblick auf die Konidienzahl kein positiver Einfluss festgestellt werden, obwohl die Bonituren einen geringeren Befallsgrad gegenüber der Kontrolle ergaben. Bei den Extrakten aus Königskerze (*Verbascum densiflorum*), Quecke (*Agropyron repens*), Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) und Weißer Seifenwurz (*Radix Saponariae Albae*) konnte dagegen eine befallsreduzierende Wirkung sowohl visuell als auch durch Bestimmung der Konidienzahl festgestellt werden. Bezüglich der Konidienzahl/ml wurde für die Extrakte von Königskerze, Spitzwegerich und Quecke ein Wirkungsgrad von 25,0, 32,8 bzw. 44,9 % erzielt. Der Seifenwurzelextrakt wies mit einem Wirkungsgrad von 83,6 % das beste und ein der Kupferbehandlung (84,4 %) vergleichbares Ergebnis auf.

Die Wirkung von Grapefruitkernextrakten gegen den Apfelschorf wurde in Freilandversuchen untersucht. Während Pfeiffer (2000a, b) bei insgesamt 20 Spritzungen mit CITRICIDAL keinen Bekämpfungserfolg erzielte, konnte Zimmer (1997) mit CITRISAN bei ebenfalls dichter Spritzfolge sowohl bei den Blättern der Kurz- und Langtriebe wie bei den Früchten einen verminderten Schorfbefall feststellen. Insbesondere der Fruchtschorfbefall mit 19,7 % konnte gegenüber der Kontrolle, die 60,3 % befallene Äpfel aufwies, deutlich reduziert werden.

Freilandversuche mit einem Extrakt aus Eichenrinde (Palm, 2001) ließen keine Wirkung der Präparate gegen den Apfelschorf erkennen.

Das Präparat LIPOMEL aus pflanzlichen Ölen zeigte in Gewächshausversuchen keine nennenswerte Schorfwirkung (Bosshard und Häseli, 1993).

Pflanzliche Öle aus Sonnenblume, Olive, Raps (Canola*), Sojabohne, Weizenkorn und Traubenkern zeigten unter kontrollierten Bedingungen nur eine leichte prophylaktische Wirkung (Northover und Schneider, 1993). Die Öle reduzierten – ein Tag vor der Inokulation zugegeben – im Vergleich zur Kontrolle den Anteil befallener Blattfläche von 11,6 auf 4-5,5 %. Die Zugabe eines Netzmittels erhöhte mit einer Befallsfläche von 2 % nur beim Rapsöl die Wirksamkeit, wobei das Netzmittel allein bereits eine Reduktion der Befallsfläche auf 8 % bewirkte. Eine kurative Wirkung der Öle bei Ausbringung ein Tag nach Inokulation konnte nicht festgestellt werden (Northover, 1991).

In Freilandversuchen bewirkten Raps- bzw. Sojabohnenöl unter Zugabe des Netzmittels zwar ebenfalls eine Reduzierung des Schorfbefalls an Blättern und Früchten mit Wirkungsgraden zwischen 60 und 86 % (Northover und Schneider, 1993). Es konnten jedoch keine Wirkungsunterschiede im Vergleich zum verwendeten Netzmittel festgestellt werden. Eine Schorfwirkung dieser Öle ist daher nicht gegeben.

9.5 Sonstige pflanzliche Präparate

9.5.1 Schorfwirkung

Die pflanzliche Substanzen enthaltenden Präparate CIFAMIN BK und BIOLIGHT konnten, nacheinander in der Nachblüte ausgebracht, die Anzahl der Schorflesionen pro 100 Blätter bei 'Elstar' von 15,2 auf 7,1 und bei 'Jonagold' von 21,2 auf 16,9 reduzieren (Schmitz *et al.*, 1997).

Keine bzw. nur geringe Wirkung zeigten die in der Klimakammer getesteten Präparate aus Pflanzenextrakten und natürlichen Ölen, ANTIPILZ, LEDAX PILZSTÄRKER, LEDAX SAN (mit Schwefel) und LEDAX BIO. LEDAX BIO wurde zudem in Freilandversuchen in verschiedenen Anlagen getestet, zeigte aber auch hier nur unzureichende Wirkung (Bosshard und Häseli, 1993).

Das ebenfalls pflanzliche Fettsäuren enthaltende Präparat NEUDOVITAL vermochte *in vitro* in der praxisüblichen Konzentration von (1 %) die Konidienkeimung von *V. inaequalis* vollständig zu hemmen. Unter kontrollierten Bedingungen mit 'Golden Delicious'-Sämlingen konnte mit 1 bzw. 2 % NEUDOVITAL gegenüber der unbehandelten Kontrolle eine Verminderung der sporulierenden Blattfläche um 30 bzw. um ca. 52 % erzielt werden (Becker *et al.*, 1993; Bosshard und Häseli, 1993).

Eine unzureichende bzw. keine Wirkung gegen den Schorfpilz stellten Becker *et al.* (1993) bei insgesamt 18 Spritzungen mit NEUDOVITAL fest. Während der Anteil der befallenen Blätter Ende Juli gegenüber der unbehandelten Kontrolle (15 % Befall) um nicht ganz die Hälfte reduziert

* speziell gezüchteter Raps aus Kanada mit geringem Gehalt (< 2%) der toxischen Erucasäure im Samen

war, lag der Fruchtschorfbefall von 29,5 % genauso hoch wie bei der Kontrolle (28,3 %). Bosshard und Häseli (1993) erzielten bei 84 % befallener Früchte in der nicht behandelten Variante durch die Behandlung mit NEUDOITAL nur einen Wirkungsgrad von 14 %. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Steck und Schneider (1993). Unbefriedigende Resultate stellte auch Kohler fest (1991).

Dagegen konnte in den vier Versuchen, die im Rahmen der amtlichen Mittelprüfung an verschiedenen Standorten durchgeführt wurden, mit der Behandlung mit NEUDOITAL in zwei Fällen sowohl der Blatt- wie auch der Fruchtbefall zufriedenstellend reduziert werden (Passon, 1997). Die beiden anderen Versuche wiesen jedoch einen zu hohen Befall entweder der Blätter oder der Früchte auf. Die unzureichende Schorfwirkung wird z.T. auf fehlende Nachbehandlung bei starken Niederschlägen zurückgeführt (Passon, 1997).

In dem Versuch mit kurativer Behandlungsstrategie von Straub (1993) mit dicht aufeinander erfolgten Spritzungen konnte mit NEUDOITAL (wie auch mit MYCOSIN) eine gute Wirksamkeit gegen Schorf erzielt werden. Mit einem Fruchtbefall von ca. 5 % wurde in der NEUDOITAL-Variante der gleiche Befallswert erreicht wie bei der Kupfer-Netzschwefelbehandlung.

9.5.2 Nebenwirkungen

Im ersten der beiden Versuchsjahre wurden bei Behandlung mit NEUDOITAL an den Blütenblättern „noch tolerierbare“ Randnekrosen festgestellt werden (Kohler, 1991). Auch Becker *et al.* (1993) beobachteten in ihren Gewächshausversuchen phytotoxische Reaktionen bei der Applikation von NEUDOITAL, die aber im Vergleich zu den übrigen Präparaten (MYCOSIN, BIOSIN, ULMASUD) schwächer ausfielen. Der Anteil stark berosteter Früchte war mit 21,5 % gegenüber der nicht mit NEUDOITAL behandelten Kontrolle (13,8 %) tendenziell erhöht (Straub, 1993). Auch Kohler (1991) konnte erhöhte Fruchtberostungen feststellen. Eine signifikante Erhöhung der Sonnenbrandschäden durch NEUDOITAL konnte mit 4,4 % betroffenen Früchten (Kontrolle 2 %) nicht beobachtet werden (Straub, 1993).

Der Anteil der stippigen Früchte ließ sich durch die Behandlung mit NEUDOITAL von 11,4 % auf 3,6 % signifikant reduzieren (Straub, 1993). Eine fungizide Wirkung gegen Mehltau konnte nicht festgestellt werden (Straub, 1993). Dagegen wurden schädigende Wirkungen von NEUDOITAL auf die Raubmilbenpopulation sowohl im Laborversuch wie auch im Freiland beobachtet (Kohler, 1991; Siggelkow und Jäckel, 1998). Der Befall mit der mehligigen Apfellaus konnte durch die Behandlung mit NEUDOITAL gegenüber der Kontrolle von 17,2 auf 5,9 % reduziert werden (Straub, 1993). Diese signifikante Wirkung wird nicht zuletzt auf den Seifengehalt des Präparats zurückgeführt. Ebenso zeigte NEUDOITAL eine gute Wirksamkeit gegen die Apfelrostmilbe (Straub, 1993).

9.6 Kompost- und Humuspräparate

Die Wirkung von Kompost- und Humuspräparaten bei Applikation auf das lebende Blatt, könnte auf zwei Effekten beruhen: Einerseits könnten bestimmte Abbauprodukte oder mikrobielle Substanzen in der Pflanze Mechanismen der induzierten Resistenz auslösen. Andererseits könnte durch die Zugabe der nährstoffreichen Substrate die antagonistische Aktivität der Phyllosphäre erhöht werden.

In Infektionsversuchen unter kontrollierten Bedingungen konnte bei Applikation des Humus-extrakts SILKAHUM keine Wirkung festgestellt werden (Bosshard und Häseli, 1993).

Auch das Humuspräparat HUMULUS zeigte in Gewächshausversuchen nur eine geringe Schorfwirkung (Späth, 2000). Eine zur Blattbehandlung zusätzliche Zugabe des Präparats zu dem Topfsubstrat der Apfelsämlinge erbrachte keine verbesserte Wirkung. Der alleinige Zusatz von HUMULUS in das Pflanzensubstrat, ohne Blattapplikation, ergab erhöhte Befallswerte.

Vorblütebehandlungen mit HUMINVITAL, einem Präparat mit hohem Huminsäuregehalt, waren bei der Bekämpfung der Frühinfektionen deutlich weniger wirksam als die entsprechenden Kupferbehandlungen (Straub und Kienzle, 1991).

BIOVIN, ein Tresterkompost ließ in Infektionsversuchen mit Apfelsämlingen keine Schorfwirkung erkennen (Bosshard und Häseli, 1993).

Die Behandlung mit DYNAMIK, einem Produkt aus Kompostextrakt und Phytohormonen, vermochte den relativ geringen Blattbefall (28 %) der unbehandelten Kontrolle nur unzureichend auf 17 % reduzieren (Straub und Kienzle, 1998). Schmitz *et al.* (1997) konnten bei der Verwendung dieses Präparats lediglich bei der Sorte 'Elstar' einen reduzierenden Effekt nachweisen, aber nicht bei der Sorte 'Jonagold'.

Yohalem *et al.* (1996) untersuchten in Feldversuchen die Wirkung wässriger Extrakte von kompostiertem Pilzsubstrat. Dabei handelte es sich um verbrauchtes Bodensubstrat, das nach der kommerziellen Kultivierung von *Agaricus bisporus* und Entfernung des Pilzmaterials unter anaeroben Bedingungen fermentiert wurde. Die Testung zweier Substrate unterschiedlicher Herkunft ergab jedoch in allen drei Versuchsjahren und unabhängig vom Standort jeweils eine geringe Schorfwirkung. Die Zugabe eines Netzmittels zur besseren Haftung der Präparate erbrachte keine Wirkungssteigerung.

Bei sehr geringem Infektionsdruck (kein Blattschorfbefall bei der Kontrolle) konnten Tränkner und Kirchner-Bierschenk (1988) bezüglich der Früchte eine befallsmindernde Wirkung von wässrigen Extrakten aus einem einjährigen Pferdemistkompost nachweisen. Der Frühschorfbefall der Früchte wurde von 2 Flecken/Apfel in der Kontrolle auf 0,6 Flecken, der Spätschorf-

befall von 2,5 auf 1,5 Flecken reduziert. Groß-Spangenberg (1992) konnte jedoch mit einem wässrigen Extrakt aus ca. 1,5 Jahre altem Pferdemistkompost keine Schorfwirkung feststellen. Aufgrund dieses negativen Resultats wurden unter kontrollierten Bedingungen (Klimakammer) verschiedene Kompostextrakte an Apfelsämlingen (*Malus sylvestris*) getestet (Groß-Spangenberg, 1992). Die Versuche sind im Folgenden aufgeführt.

Extrakte von dem im Freiland getesteten Pferdemistkompost sowie von einem 3 Monate altem Rindermistkompost bewirkten keine Verminderung des Schorfbefalls.

Bei Verwendung des Extrakts aus ca. einjährigem Rindermistkompost, der unter Zugabe eines komplexen Nährmediums (HMPG= Hefeextrakt, Malzextrakt, Pepton und Glucose) fermentiert wurde, konnte gegenüber der unbehandelten Kontrolle eine Reduzierung der befallenen Blattfläche von 100 % auf bis zu 42,6 % erzielt werden. Allerdings ließ sich die schorf-reduzierende Wirkung der vollständig fermentierten Kompostextrakte nicht oder nur gering von der Wirkung der reinen Nährlösung unterscheiden. Die Wirkung war mit mikrobieller Aktivität korreliert, die im Kompostextrakt bzw. auf der Phyllosphäre durch die Zugabe der Nährlösung stimuliert wurde. Ein Einfluss der fermentierten Extrakte auf die Konidienkeimung von *V. inaequalis* konnte nicht festgestellt werden.

Bei der postinfektionellen Applikation, 48 h nach Inokulation, konnte weder für den mit HMPG fermentierten Extrakt noch für die Nährlösung ein signifikanter Einfluss auf den Schorfbefall festgestellt werden.

Eiweißreiche Nährstoffträger wie Pepton und Magermilchpulver, die als preisgünstige Alternativen für das komplexe HMPG-Medium zur Fermentation des Rindermistkompost-extraktes eingesetzt wurden, bewirkten – wie auch die Nährlösungen – keine (statistisch absicherbare) Befallsreduktion.

Kompostextrakt, der mit 0,5 % Hefe (Bio-Bierhefe) als proteinhaltigen Nährstoffträger und 5 % Saccharose fermentiert wurde, konnte dagegen den Anteil schorfbefallener Blattfläche von 100 auf 40 % reduzieren. Eine tendenzielle Reduktion konnte auch bei Applikation der Nährlösung festgestellt werden. Dieser Effekt, der verstärkt bei der entsprechenden Variante ohne Hefezusatz auftrat, wird aber nicht auf eine Förderung der Phyllosphären-organismen zurückgeführt, sondern möglicherweise auf eine negative Beeinflussung osmotischer Vorgänge (Plasmolyse) infolge der hohen Zuckerkonzentration.

Die anderen Behandlungen mit fermentiertem Rinderkompostextrakt (1 % Saccharose mit/ohne Hefe, nur Hefe) konnten den Schorfbefall nicht reduzieren.

9.7 Verschiedene organische Präparate

9.7.1 Schorfwirkung

Das aus den Schalen von Krabbentieren gewonnene Chitosan zeigte in Infektionsversuchen mit 'Golden Delicious'-Sämlingen zwar mit 39,5 % befallener Blätter im Vergleich zur Kontrolle (72,4 %) eine Reduzierung des Schorfbefalls, bezüglich der Anzahl der aus den Läsionen ausgewaschenen Konidien war jedoch kein Einfluss zu erkennen (Späth, 2000).

Während Molke unter kontrollierten Bedingungen keine Wirkung auf den Schorfbefall zeigte, wurden mit 10 % PROPOLIS, einem aus Bienenwaben gewonnenen Extrakt, sehr gute Bekämpfungserfolge erzielt (Bosshard und Häseli, 1993). Da das Präparat in 96 % Ethanol suspendiert werden muss, kam es für Freilandversuche nicht in Frage.

Präparate mit Sojabohne-Lezithin zeigten in Gewächhausversuchen eine gute Schorfwirkung mit einer Reduktion der Befallsfläche von etwa 50 % auf 4 % (Bosshard und Häseli, 1993). In einem Freilandversuch mit Topfbäumen konnte jedoch nur eine geringe Wirkung nachgewiesen werden. Der Anteil befallener Früchte, der bei der Kontrolle mit 15 % gering war, konnte nur auf 9,6 % reduziert werden.

Von Noga wurden zwei verschiedene Formulierungen von Vitamin E (α -Tocopherol) entwickelt, das in der Pflanze oxidativem Stress entgegenwirken soll (Fried und Beuschlein, 1997; Bertschinger und Stadler, 1997): Die Anti-Stressformulierung PLANTACUR E und die fungizidbetonte Formulierung CURON E.

PLANTACUR E – ab Mai/Juni bis August nach der Behandlung mit chemischen Fungiziden im 14tägigen Abstand ausgebracht – konnte die Anzahl der Schorfläsionen auf den Blättern gegenüber der nach der Blüte nicht mehr behandelten und eher schwach befallenen Variante (ca. 10-22 Läsionen pro 100 Blätter) nur geringfügig bzw. maximal um knapp die Hälfte reduzieren (Schmitz und Noga, 1995; Schmitz *et al.*, 1997). In Praxisbetrieben in Südtirol konnte bei insgesamt 4 Nachblütebehandlungen (im dreiwöchigen Abstand) mit PLANTACUR E kein Einfluss auf den Schorfbefall festgestellt werden (Mantinger, 1996).

Bertschinger und Stadler (1997) konnten keinen signifikanten Einfluss von CURON E – weder als alleinige Behandlung noch in Kombination mit Kupfer- und Netzschwefelbehandlungen – auf den Schorfbefall feststellen. Dabei muß erwähnt werden, dass auch die mit dem Kupferpräparat behandelten Varianten mit mindestens 60 bzw. 48 % befallenen Blättern bzw. Früchten eine völlig unzureichende Schorfwirkung aufwiesen. Die Befallswerte der Blätter waren bei der Behandlung mit Vitamin E denjenigen der alleinigen Netzschwefelbehandlung vergleichbar. Der durchschnittliche Anteil unbefallener Früchte war in der Netzschwefelvariante höher. In den Vitamin E-Varianten war allerdings insoweit ein positiver Effekt des Vitamins erkennbar, dass

einzelne Bäume einen hohen Anteil schorffreier Früchte aufwiesen. Auffällig war auch, dass die Netzschwefel-Kupfervarianten mit zusätzlichem Einsatz von Vitamin E eine geringere Streuung der Befallswerte auswiesen als die ohne Vitamin behandelten Varianten.

Keine Schorfwirkung (bei erfolgreicher Bekämpfung mit der parallel durchgeführten chemischen Fungizidbehandlung) konnten Fried und Beuschlein (1997) bei der Behandlung mit CURON E feststellen.

Bei eher geringem Infektionsdruck in der Vorblüte konnte Zimmer (1997) bezüglich der befallenen Kurztriebblätter mit Vitamin E-Spritzungen eine der Fungizidbehandlung vergleichbare Reduzierung von 9,1 % (unbehandelte Kontrolle) auf 0,54 % erzielen. Jedoch bezüglich des Befalls der Langtriebblätter und der Früchte wurde mit Werten von 12,2 bzw. 30,2 % der Schorfbefall gegenüber der Kontrolle jeweils nur um etwa die Hälfte vermindert. Die Fungizidvariante war dagegen mit jeweils annähernd 0 % Befall auch diesbezüglich erfolgreich. Mit einem Fruchtbefall von 19,7 % konnte durch Zugabe von PHYTOFIT, einem Präparat aus Algenkalk und Bentonit, die Wirkung des Vitamin E-Präparats erhöht werden. Der Wirkungsgrad war aber diesbezüglich geringer als in der Netzschwefelvariante, die einen Fruchtschorfbefall von 14 % aufwies. Das in der gleichen Versuchsreihe getestete Vitamin E-Präparat der Fa. BASF zeigte eine geringere Schorfwirkung als die Formulierung nach Noga.

Palm (1997) berichtet von einer deutlichen Befallsreduzierung bei Behandlungen mit verschiedenen Vitamin E-Präparaten bei einem „normalem“ Infektionspotenzial. Nähere Angaben zu einem dieser Versuche werden von Schmitz und Noga (1997) zitiert. Demnach konnte in zwei PLANTACUR E-Wiederholungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle der Schorfbefall bezüglich der Blätter von 74 % auf 20,6 bzw. 26,5 % und bezüglich der Früchte von 24 % auf 2,6 bzw. 2,2 % reduziert werden. Bei hohem Infektionsdruck war die Wirkung von Vitamin E dagegen vollkommen unzureichend (Palm 1997, 1999).

Bei sehr geringem Infektionsdruck konnte Pfeiffer (1995) bei einer Nachblütebehandlung mit Vitamin E (Einsatz von Netzschwefel in der Vorblüte) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle den Blattbefall von 13,2 auf 4,2 % reduzieren. Damit zeigte die Verwendung von Vitamin E aber einen geringeren Wirkungsgrad als die entsprechende Nachblütebehandlung mit Netzschwefel, die nur einen Befall von 0,7 % aufwies.

Einen positiven Einfluss des Vitamin E-Präparats (CURON E) stellte Zimmer (1997) in Kombination mit Netzschwefel fest. Der Blattbefall wurde gegenüber der zusatzfreien Netzschwefelbehandlung von 16,3 auf 6 %, der Anteil befallener Früchte von 14 auf 9 % reduziert.

Tendenzielle Befallsreduktionen gegenüber der alleinigen Netzschwefel-(Kupfer-)Behandlung konnten auch Straub (1995) und Pfeiffer (2000a, b) bei Zusatz des Vitamin E-Präparats

beobachten, wobei bei hohem Befall in der Netzschwefelvariante das Vitamin E-Präparat zumindest bezüglich der Früchte keine Wirkungsverbesserung erbrachte (Pfeiffer, 2000a, b).

9.7.2 Nebenwirkungen

Chitosan bewirkte bei etwa der Hälfte der 15 künstlich infizierten Sämlinge dunkelbraune Blattnekrosen (Späth, 2000). Einige der zum Zeitpunkt der Inokulation jungen infektiösfähigen Blätter waren völlig verbräunt und wurden teilweise abgeworfen.

Die Behandlung mit Vitamin E, in Kombination mit Netzschwefel, führte (wie auch bei der Verwendung von Kaliumpermanganat, s. 9.1.2) im Februar des darauffolgenden Jahres zu einem deutlich erhöhten Fruchtansatz im Vergleich zur reinen Netzschwefelbehandlung und daraus resultierend zu einem höheren Ertrag zum Zeitpunkt der Ernte (Pfeiffer, 2000a). Dagegen führten die zusätzlich zu den chemischen Fungiziden durchgeführten Spritzungen mit Vitamin E, zumindest bei erhöhter Vitaminkonzentration, zu einem geringeren Fruchtertrag im Vergleich zu den ohne Vitamin behandelten Varianten (Schmitz *et al.*, 1997).

Ein Einfluss auf das Fruchtgewicht durch die Vitamin E-Behandlung konnte nicht festgestellt werden (Schmitz *et al.*, 1997; Bertschinger und Stadler, 1997; Fried und Beuschlein, 1997). Auch konnte mittels Chlorophyllmessung kein verbesserter Laubzustand infolge der Vitamin E-Applikation nachgewiesen werden (Pfeiffer, 2000a).

Die Vitamin E-Applikationen bewirkten einen verbesserten Ausfärbungsgrad der Früchte gegenüber der nur mit den Fungiziden behandelten Varianten, wobei die Unterschiede im Versuchsjahr 1996 (Schmitz *et al.*, 1997) – wohl aufgrund durchschnittlich geringerer Tagestemperaturen am Versuchstandort (Bavendorf) und demzufolge einer geringeren Stressbelastung durch Hitze und Ozon – niedriger ausfielen und deutlich geringer waren als in den Versuchsjahren zuvor (Noga 1995; Schmitz und Noga, 1995). Fried und Beuschlein (1997) stellten bei alleiniger Behandlung mit Vitamin E in dem 1996 durchgeführten Versuch im Vergleich zu den Fungizidbehandlungen nur einen geringen, statistisch nicht absicherbaren Einfluss von Vitamin E auf die Deckfarbe fest. In Praxisversuchen in Südtirol konnte bezüglich der Fruchtausfärbung und der Verminderung von Sonnenbrandschäden kein oder nur ein geringer positiver Einfluss von Vitamin E nachgewiesen werden. Nachweisbare Effekte auf die Fruchtausfärbung wurden auch in dem Versuch in der Schweiz nicht festgestellt, wobei auch die nur mit den Fungiziden behandelte Kontrolle eine hohe Fruchtausfärbung aufwies (Bertschinger und Stadler, 1997).

Eine (statistisch signifikante) Auswirkung auf die Fruchtinhaltsstoffe (Zuckerfraktionen, Säure, pH-Wert, Vitamin C-Gehalt) durch die Vitamin E-Behandlungen ließ sich nicht nachweisen (Bertschinger und Stadler, 1997; Fried und Beuschlein, 1997).

9.8 Resistenzinduzierende Substanzen

Synthetische Substanzen wie 5-Chlor-Salicylsäure und 2,6-Dichlor-Isonicotinsäure können an Apfelsämlingen eine Resistenz gegen den Schorfpilz induzieren (Becker *et al.*, 1994; Ortega *et al.*, 1998). 5-7 Tage vor der Inokulation auf das Blatt appliziert, konnte die pilzliche Entwicklung bzw. der Schorfbefall um 90 % reduziert werden. Das Nicotinsäurederivat zeigte hierbei eine stärker ausgeprägte systemische Resistenz, die bereits in sehr geringen Konzentrationen wirksam wurde. Natürliche Polysaccharide, aus marinen Algen extrahiert, zeigten sowohl unter kontrollierten Bedingungen (3 Tage vor der Inokulation appliziert) wie auch in Freilandversuchen (mit Behandlungsintervallen von 8-11 Tagen) eine befallsmindernde Wirkung (Creemers, 2001). Der Fruchtschorfbefall konnte zwar (bei hohem Infektionsdruck) nicht verhindert, aber die Befallstärke reduziert werden. Diesbezüglich betrug der Wirkungsgrad 30,5-56,3 %. Die Behandlung mit der pflanzlichen Salicylsäure, der eine Bedeutung in der systemisch induzierten Resistenz zugeschrieben wird (Ryals *et al.*, 1996), ließ in Freilandversuchen eine unzureichende Wirkung gegen den Apfelschorf erkennen (Pfeiffer, 2000 a, b). Bezüglich der Befallstärke der Früchte betrug der Wirkungsgrad nur etwa 10 %. Zudem kam es durch die Applikation von Salicylsäure zu Blütenverbrennungen.

9.9 Antagonisten

Im Jahr 1949 wurden von Cinq-Mars erstmals Mikroorganismen von Apfelblättern isoliert und der Einfluss der Kulturfiltrate auf das Myzelwachstum von *V. inaequalis* untersucht. Verschiedene *Penicillium* spp.-Isolate produzierten Antibiotika, die das Myzelwachstum des Schorfpilzes hemmten. Simard *et al.* (1957) wiesen ebenfalls in *in vitro* Versuchen die hemmende Wirkung von *Penicillium* spp. nach. Wassermann (1969) untersuchte das antagonistische Potenzial von 74 Mikroorganismenisolaten. Die stärksten Hemmeffekte auf das Myzelwachstum zeigten *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *Nocardia asteroides* und *Torula* sp.

In den Studien von Andrews *et al.* (1983) mit 50 von Apfelblättern isolierten Mikroorganismen zeigte sowohl *in vitro* wie auch *in vivo* an Apfelsämlingen der Ascomycet *Chaetomium globosum* die beste antagonistische Wirkung. Die Reduzierung des Schorfbefalls unter kontrollierten Bedingungen betrug 90 %. Der Einsatz dieses Antagonisten unter Freilandbedingungen war allerdings ein Misserfolg, die Befallsreduktion lag bei 0-25 %. Boudreau und Andrews (1987) stellten fest, dass die Antibiotika, die von *C. globosum* gebildet werden, einem schnellen abiotischen Abbau unterliegen und die antagonistische Wirkung folglich rasch nachläßt. Zudem konnten die Autoren nachweisen, dass es nicht zu einer Besiedlung der Blätter durch *C. globosum* kommt, auch dann nicht, wenn (in Gewächshausversuchen) eine erfolgreiche Wirkung gegen den Schorfpilz beobachtet wurde.

Von 931 untersuchten Phyllosphärenmikroorganismen selektierten Burr *et al.* (1996) neben *C. globosum* einen *Pseudomonas syringae*-Stamm als wirkungsvollen Antagonisten gegenüber dem Konidienstadium von *V. inaequalis* in Labor- und Gewächshausversuchen. Die Behandlung im Freiland mit diesem Antagonisten hatte allerdings keinen reduzierenden Effekt auf die Schorfentwicklung (Corral-Garcia *et al.*, 1995).

Aus einer Sammlung von 240 epiphytischen Mikroorganismen aus einer ökologisch geführten Apfelanlage im Alten Land zeigten 52 Bakterien und filamentöse Pilze eine deutliche Hemmung des Myzelwachstums und/oder der Konidienkeimung von *V. inaequalis* (Kucheryava *et al.*, 1999, Fiss *et al.*, 2000). Hierbei konnte aus dem Kulturfiltrat von *Bacillus pumilus* ein oberflächenaktives Lipopeptid (Tensid) angereichert werden, das eine vollständige Hemmung der Konidien auf isolierten Apfelblattkutikeln bewirkte (Fiss, 2001). In Gewächshausversuchen zeigte *Bacillus pumilus* keine Wirkung gegen den Schorfpilz. Von den 15 im Freiland getesteten Mikroorganismen (einschließlich einiger Hefen) zeigte ein Hefeisolat, *Sporiodiobolus spp.*, mit einer Befallsreduktion um 81 % eine vielversprechende Wirkung, die jedoch im darauffolgenden Versuchsjahr nicht bestätigt werden konnte. Behandlungen mit einem *Bacillus subtilis*-Präparat, das für die Bekämpfung gegen den bakteriellen Feuerbrand entwickelt wurde, zeigten einen unzureichenden Einfluss auf den Schorfbefall (Fried, 2001; Palm, 2001).

9.10 Diskussion

In den vergangenen 10-15 Jahren wurde im ökologischen Landbau intensiv nach biologischen Methoden zur Bekämpfung des Apfelschorfpilzes *Venturia inaequalis* geforscht. Von den nahezu 40 Präparaten, die Bosshard und Häseli im Rahmen einer achtjährigen Studie in der Schweiz auf ihre inhibierende Wirkung gegen den Apfelschorfpilz in Gewächshaus- und Freilandversuchen untersuchten, zeigten zwei Tonerdepräparate eine „herausragende“ Wirkung: ULMASUD und MYCOSAN.

Bei dem Pflanzenstärkungsmittel ULMASUD handelt es sich um aktivierte Tonerde (Aluminiumoxid) (Bosshard *et al.*, 1994). MYCOSAN ist ein Mischpräparat aus Kalium-Aluminiumsulfat (Alaun), Pflanzenextrakten und 40 % Schwefel. Aufgrund des Schwefelanteils könnte letzteres Präparat nur als Pflanzenschutzmittel zugelassen werden. Beide Präparate, deren fungizide Wirkung auf den freien Aluminiumionen basiert, sind in ihrer Effizienz bezüglich der Schorfbekämpfung ähnlich dem Netzschwefel. Während ULMASUD tendenziell eher eine geringe Wirkung zeigte, konnte MYCOSAN zum Teil bessere Resultate als Netzschwefel erzielen. Für die praktische Anwendung bedeutet dies jedoch, dass diese Präparate entsprechend wie Netzschwefel unzuverlässig sind und nur unter optimalen Bedingungen ausreichend wirken. Ein weiteres Problem ist auch die phytotoxische Wirkung der Präparate, die ebenfalls auf die gelösten Aluminiumionen zurückzuführen ist (Kern, 1991). Schorfwirkung und Phytotoxizität waren in den Versuchen miteinander korreliert. Vergleichsweise hohe Wirksamkeit der

Präparate führte entsprechend zu hohen Pflanzenschäden in Form von Blattnekrosen oder Fruchtberostungen. Ein weiterer Grund für die bisher geringe Anwendung von ULMASUD und MYCOSIN in der Praxis ist auch der hohe Preis dieser Präparate (Steffek, 1999; Späth, 2000).

In Einzelfällen (z.B. geringer Infektionsdruck, sehr hohe Spritzfolge) zeigten auch schwächere Pflanzenstärkungsmittel wie MYCOSIN, das schwefelfreie Analogon zu MYCOSAN, sowie NEUDOVITAL, ein Präparat aus natürlichen Fettsäuren und Pflanzenextrakten, eine akzeptable Schorfwirkung. Besonders mit NEUDOVITAL wurden viele Untersuchungen durchgeführt, die jedoch zeigten, dass das Präparat sich nicht zur verlässlichen Schorfbekämpfung eignet. Da NEUDOVITAL in einem Versuch eine relativ gute Wirksamkeit gegen die Stippigkeit der Früchte zeigte, hält Passon (1997) es für sinnvoll, das Präparat vor allem ab Frühsommer verstärkt in die Spritzfolgen zu integrieren. Allerdings verursachte NEUDOVITAL auch eine erhöhte Fruchtberostung.

Algenpräparate lassen sich aufgrund ihrer Ineffizienz nicht zur Schorfbekämpfung einsetzen, werden aber in ökologischen Betrieben oft angewandt, insbesondere in Kombination mit Kupfer, um die Pflanzenverträglichkeit zu erhöhen (Bosshard und Häseli, 1993; Palm, 1999). Allerdings konnte in den vorliegenden Versuchen kein Hinweis auf einen pflanzenstärkenden Einfluss festgestellt werden.

Von den pflanzlichen Extrakten zeigten ein Präparat aus saponinhaltigem Wurzelextrakt (HF-PILZVORSORGE) sowie Extrakte von Efeublatt bzw. von Weißer Seifenwurzel in Gewächshausversuchen eine gute Wirksamkeit gegen den Apfelschorf mit Wirkungsgraden bis zu 100 %. Dabei fällt auf, dass alle diese Präparate sich durch den Gehalt an Saponinen auszeichnen. Saponine sind oberflächenaktive Substanzen mit einer bestimmten chemischen Struktur (Triterpene oder Steroide), die mit Zellmembranen interagieren, wodurch es zur Zellyse kommt. Saponine gelten als die wichtigsten präinfektionellen Abwehrsubstanzen der Pflanze gegen Pilze (Heß, 1991). Die Wirksamkeit von HF-PILZVORSORGE konnte in Freilandversuchen nicht bestätigt werden. Die Autorin (Bosshard, 1993) führt dies darauf zurück, dass der Pflanzenextrakt infolge fehlender Formulierung sehr schnell durch UV-Strahlen inaktiviert oder durch Niederschläge abgewaschen wurde. Formulierungsversuche mit Mineralöl, Bentonit und Wasserglas führten zur Inaktivierung des Extrakts. Mit dem Efeuextrakt konnten im Freiland z.T. deutliche Befallsminderungen erzielt werden, wobei allerdings die Wirksamkeit der Gewächshausversuche nicht erreicht wurde. Ein höherer Bekämpfungserfolg wäre vielleicht gegeben, wenn die wirksame Substanz des Efeuextrakts, α -Hederin, direkt auf die Pflanzen appliziert würde. Ein käufliches Präparat mit α -Hederin zeigte in den Gewächshausversuchen die gleiche Wirksamkeit gegen den Schorf wie der Efeuextrakt. In diesem Zusammenhang ist es auch interessant zu erwähnen, dass die scheinbare Wirksamkeit der im Freiland getesteten Pflanzenöle auf die Aktivität des in den Ölen enthaltenen

Emulgiermittels zurückzuführen war. Bei diesen Formulierhilfen handelt es sich ebenfalls um amphiphile Substanzen, die mit Biomembranen interagieren können.

Die Verwendung von Kompost- und Humuspräparaten während der Vegetationsperiode zeigt keinen oder nur einen geringen Einfluss auf den Schorfbefall. Die Wirkung ließ sich in Gewächshausversuchen durch die Zugabe bestimmter Nährstoffe erhöhen, aber eine Befallsreduktion um maximal 60 % erscheint zu gering, um eine erfolgreiche Bekämpfung des Apfelschorfs zu gewährleisten. Zudem muss davon ausgegangen werden, dass die Witterungsbedingungen im Freiland zu einem Wirkungsverlust der Präparate führen.

Ein viel diskutiertes Präparat bezüglich der Schorfbekämpfung wie auch des Einflusses auf die Fruchtqualität stellt (formuliertes) Vitamin E (α -Tocopherol) dar. Diese lipophile Substanz wirkt in der pflanzlichen Zelle als Antioxidans und schützt die Zelle damit vor toxischen oxidativen Reaktionen, die durch äußere Einflüsse wie z.B. UV-Strahlung ausgelöst werden. Die Applikation von Vitamin E könnte daher zu einer erhöhten Pflanzenstärkung in Form einer verbesserten Fruchtqualität und einer gesteigerten Abwehr gegen den Schorfpilz führen (Schmitz und Noga, 1995). Eine entscheidende Rolle spielt hierbei die Formulierung, die erst ein Eindringen der lipophilen Substanz durch die Wachsschicht (Cuticula) in das Blatt- und Fruchtgewebe ermöglicht (Drahorad, 1995; Schmitz und Noga, 1998).

Nur in Einzelfällen konnte eine ausreichende Reduzierung des Schorfbefalls durch die Behandlung mit Vitamin E erzielt werden. In den meisten Versuchen ließ sich zwar ein Einfluss des Vitamins erkennen, die Befallsreduzierung war jedoch unzureichend bzw. ließ keinen Vorteil gegenüber der alleinigen Netzschwefelbehandlung erkennen. Ebenso konnte durch den Vitaminzuatz zu Netzschwefel nur eine relativ geringe Verbesserung der Schorfwirkung erreicht werden. Bezüglich der inneren und äußeren Fruchtqualität (Inhaltsstoffe, Fruchtertrag, -größe und -farbe sowie Sonnenbrandschäden) ließen sich meistens keine oder nur geringe positive Effekte durch die Behandlung mit Vitamin E nachweisen. Diese Aussagen wurden vorwiegend im Vergleich zu Varianten mit chemischen Fungiziden getroffen. Eine erhöhte Blütenknospenbildung und darauffolgend ein höherer Ertrag konnte bei Zusatz des Vitamins zu Netzschwefel festgestellt werden. Selbst wenn diese Ertragssteigerung sowie positive Effekte auf die Fruchtqualität in weiteren Versuchen bestätigt werden sollten, wäre ein Vitamin E-Einsatz im ökologischen Anbau aufgrund der geringen Schorfwirkung nur zusätzlich zu Kupferbehandlungen in der Vorblüte denkbar. Allerdings muss bei solchen Überlegungen auch der Kostenfaktor berücksichtigt werden. Da der ökologische Anbau die synthetische Produktion von Vitamin E nicht akzeptiert, würde die direkte Gewinnung dieses Vitamins aus Naturstoffen die bereits hohen Präparatkosten (Pfeiffer, 1995, 2000a; Mantinger 1996) erheblich steigern.

Die Applikation von Substanzen, die in der Pflanze eine nachhaltige Resistenz gegen den Apfelschorf induzieren, so dass auch die nachkommenden Blätter nicht von dem Pilz befallen

werden können, stellt eine interessante und erstrebenswerte Bekämpfungsstrategie dar. Bestimmte aus Algen gewonnene Polysaccharide zeigten eine befallsmindernde Wirkung. Die häufige, reguläre Anwendung dieser Substanzen in den Freilandversuchen läßt aber nicht das Ausmaß der systemischen Wirkung dieser resistenzinduzierenden Substanzen erkennen. Die Behandlung mit Salicylsäure, der eine Bedeutung in den pflanzlichen Resistenzmechanismen zugesprochen wird, führte nur zur einer sehr geringen Reduzierung des Schorfbefalls. Damit besteht in dieser Hinsicht noch Forschungsbedarf.

Obwohl zahlreiche Mikroorganismen von Apfelblättern isoliert wurden, die *in vitro* eine keimungs- und wachstumshemmende Wirkung auf den Apfelschorfpilz zeigten, wurden bisher keine Antagonisten gefunden, die wirksam die Schorfinfektionen verhindern konnten. Die Etablierung von Antagonisten auf der Phyllosphäre, die als Voraussetzung einer erfolgreichen Bekämpfung gilt, wird allgemein als ein schwieriges Unterfangen gesehen (Bosshard *et al.*, 1987; Carisse, 2000). So konnte bei dem Antagonist *Chaetomium globosum*, der unter kontrollierten Bedingungen eine gute Schorfwirkung zeigte, keine Besiedlung des Pilzes auf der Blattoberfläche nachgewiesen werden (Boudreau und Andrews, 1987). Die mangelnde Etablierung war allerdings nicht der Grund für den missglückten Freilandversuch, sondern der rasche Abbau der antibiotisch wirkenden Substanzen.

10 Bekämpfung der Überwinterungsform des Apfelschorfpilzes

10.1 Mechanische Methoden

MacHardy (1996) berichtet von frühen Studien (in Neuseeland und Südafrika) zu mechanischen Bekämpfungsmethoden des im Falllaub überwinternden Schorfpilzes. Durch Unterpflügen des Falllaubs in den Boden konnte der Schorfbefall im folgenden Frühjahr reduziert werden. Die beste Wirkung wurde erzielt, wenn das Laub gesammelt und verbrannt wurde. Diese Methode erschien jedoch zu aufwendig.

Rezentere, mehrjährige Studien befaßten sich unter praxisüblichen Bedingungen mit dem Mulchen des Falllaubs (Sutton und MacHardy, 1993). Das Mulchen im Herbst führte im Mittel zu einer Reduzierung der Blattmenge und der Ascosporenkonzentration („Relative Ascosporendosis“) um jeweils 55 %. Der Primärbefall an den Blättern konnte dadurch um 62 % reduziert werden. Eine deutlich höhere Wirkung zeigte das Häckseln bei Durchführung im Frühjahr. Hier war die Ascosporenmenge um 89 % und der Primärbefall um 80 % vermindert. Die Wirkungsgrade waren damit zum Teil höher als bei der im Frühjahr durchgeführten (im ökologischen Anbau nicht zugelassenen) Harnstoffbehandlung (74 bzw. 80 %).

Das Mulchen auf kleinen Versuchsfeldern erbrachte (im Gegensatz zur Harnstoffbehandlung) insgesamt eine geringere Reduzierung der Ascosporenproduktion (Sutton und MacHardy,

1993). Das Häckseln im Herbst erzielte einen Wirkungsgrad von 50 %, die Frühjahrsbehandlung einen Wirkungsgrad von 65 %. Eine Erhöhung des Wirkungsgrads (83 %) konnte jedoch erzielt werden, wenn das Häckseln sowohl im Herbst wie auch im Frühjahr durchgeführt wurde.

Im Rahmen von Untersuchungen zur Unkrautregulierung wurde die Vernichtung von Falllaub mittels eines Abflamngerätes untersucht (Moritz, 1993). In diesem Tastversuch konnte die Ascosporenmenge um bis zu 97-98 % reduziert werden. Dieser hoher Wirkungsgrad konnte dabei schon bei einer alleinigen Durchführung im Frühjahr erreicht werden.

10.2 Kompost- und Humuspräparate

Durch die Behandlung des Falllaubs mit stickstoffhaltigen Präparaten wird infolge der erhöhten mikrobiellen Aktivität die Laubzersetzung gefördert und damit der Apfelschorfpilz indirekt an seiner Weiterentwicklung gehindert. Durch die Nährstoffgabe können auch potenzielle Antagonisten angereichert werden, die direkt die Entwicklung des Pilzes hemmen.

Die im obigen Versuch eingesetzten Pferdemist- und Rindermistkomposte (s. 9.6) sowie ein Rindenhumuspräparat wurden von Groß-Spangenberg (1992) in Modellversuchen auf ihre inhibierende Wirkung bezüglich der saprophytischen Phase des Schorfpilzes untersucht. Dabei wurde unter Freilandbedingungen jeweils eine bestimmte Anzahl schorfinfizierter Blätter im Spätherbst mit verschiedenen Kompostsubstraten behandelt und im darauffolgenden Frühjahr die jeweilige Blattfläche bzw. Ascosporendichte bestimmt.

Alle Präparate zeigten einen deutlichen Einfluss auf den Blattabbau und die Ascosporenpromuktion. Die Wirkung der 4 und 16 Monate alten Rindermistkomposte und des Rindenhumuspräparats (kompostierte Baumrinde, LIGNOSTRAT PUR) wurden im direkten Vergleich getestet. Die Blattfläche konnte in den Varianten gegenüber der Kontrolle um 71, 75 bzw. 83 %, die Ascosporendichte um 76, 88 bzw. 97,2 % reduziert werden. Dabei wies der Rindenhumus die geringste und der 16 Monate alte Rindermistkompost jeweils die höchste Wirkung auf. Die geringere Wirkung des Rindenhumuspräparats lässt sich nach Groß-Spangenberg (1992) mit dem gegenüber den Komposten ungünstigeren C:N Verhältnis begründen. Die Tatsache, dass der ältere Kompost eine bessere Wirkung aufwies, könnte nach Groß-Spangenberg (1992) damit zu erklären sein, dass sich dieser Kompost aufgrund der sehr feinkrümelligen Konsistenz wesentlich besser und gleichmäßiger verteilen ließ. Die Zugabe des komplexen HMPG-Nährmediums (Hefeextrakt, Malzextrakt, Pepton, Glucose, s. auch 9.6) zu dem 4 Monate alten Rindermistkompost förderte zwar den Laubabbau, zeigte aber eine geringere reduzierende Wirkung bezüglich der Ascosporenpromuktion.

Da Stallmist oder andere Kompostmaterialien den Obstbauspezialbetrieben nicht oder nur begrenzt zur Verfügung stehen, wurden von Krüger *et al.* (2000) im folgend beschriebenen Versuch weitere Materialien im Vergleich zum Mulchen bzw. zur Behandlung mit Harnstoff getestet. Die Behandlungen wurden zu Beginn des natürlichen Laubfalls an jeweils 30 schorfinfizierten Blättern durchgeführt. Aufgrund großer Streuung der Einzelwerte bei der Ermittlung der Ascosporenzahl ließen sich zwar keine statistischen Aussagen machen, tendenzielle Unterschiede waren dennoch erkennbar.

In allen Varianten war eine deutliche Beteiligung der Regenwürmer am Laubabbau erkennbar. In parallel durchgeführten Versuchen, in denen die Blätter durch eine Vliesabdichtung für die Regenwürmer nicht zugänglich waren, war die nichtabgebaute Blattmenge jeweils etwa doppelt so hoch wie beim entsprechenden Versuchsaufbau mit Zugang für Regenwürmer. Die folgenden Angaben beziehen sich alle auf die Varianten mit Beteiligung der Regenwürmer.

Das beste Resultat erzielte in beiden Versuchsjahren die Behandlung durch Mulchen, das durch Zerreißen der Blätter in 1-4 cm² große Stücke simuliert wurde. Während die noch vorhandenen Blattflächen bei der unbehandelten Kontrolle die Boniturstufe 8 (71-80 % abgebaut) bzw. 7 (61-70 %) aufwiesen, wurden die Abbauraten bei der Variante mit Mulchen mit 10 (91-100 % abgebaut) bzw. 9 (81-90 % abgebaut) bonitiert. Die Ascosporendichte war ebenfalls in beiden Versuchsjahren die geringste unter allen Varianten.

Damit zeigte die Behandlung der Blätter mit Harnstoff eine geringere Wirkung als das Mulchen. Denn die Stickstoffzufuhr zeigte zwar im ersten Versuchsjahr eine vergleichbare Wirkung. Im zweiten Jahr aber – bei kälterer Witterung im Herbst und Winter – konnte durch die Harnstoffapplikation im Vergleich zur unbehandelten Variante keine erhöhte Abbauraten festgestellt werden. Auch war die Ascosporendichte deutlich höher als bei der Variante mit dem Mulchen.

Von den Präparaten zeigte die Behandlung mit dem Kompostimpfmittel RADIVIT die beste Förderung des Laubabbaus. Mit Boniturstufen von 9 und 8 konnte RADIVIT als einziges Präparat die Abbauraten gegenüber der Kontrolle (8 bzw. 7) in beiden Jahren erhöhen. Bezüglich der Reduzierung der Sporenmenge wies das Kompostimpfmittel allerdings nur im ersten Versuchsjahr eine vergleichsweise gute Wirkung auf.

Obwohl die Behandlung mit dem organischen Flüssigdünger SIAPTON nur im ersten Versuchsjahr gegenüber der Kontrolle eine Erhöhung der Abbaustufe von 8 auf 9 erreichte, wurde in beiden Versuchsjahren eine relativ gute Verminderung der Ascosporenzahl erzielt.

Hornmehl, das höhere Temperaturen benötigt, bevor Mikroorganismen es als zusätzliche Stickstoffquelle bei der Zersetzung des Fallaubes nutzen können, zeigte ebenfalls nur im ersten

Jahr bei insgesamt wärmerer Witterung eine erhöhte Abbaurate (9) und konnte entsprechend nur in jenem Jahr die Ascosporendichte vergleichsweise gut reduzieren.

Die Behandlung mit angerottetem Stallmist zeigte von allen Varianten die geringste Wirkung. Zwar wies die Variante im ersten Versuch wie auch die Behandlungen mit Siapton und Hornmehl bezüglich des Laubabbaus die Boniturstufe 9 auf, schnitt aber bezüglich der Verminderung der Ascosporenzahl relativ schlecht ab. Im zweiten Versuchsjahr wurde (wie bei der Behandlung mit Hornmehl) gegenüber der Kontrolle sogar ein geringerer Blattabbau (Boniturstufe 6) festgestellt, die Ascosporendichte war dagegen deutlich reduziert. Die geringe Reduzierung der Blattfläche, die im Gegensatz zu den obigen Versuchen von Groß-Spangenberg (1992) mit Rindenmistkomposten steht, könnte nach Ansicht von Krüger *et al.* (2000) darauf beruhen, dass der verwendete Stallmist nur wenig verrottet war und sich nicht gleichmäßig verteilen ließ. Aber auch unterschiedliche Zusammensetzungen der Präparate (C:N Verhältnis) und Witterungsverhältnisse könnten die Differenzen erklären.

10.3 Kalkhaltige Substrate

Die Behandlung des Falllaubs mit Kalk fördert einerseits den mikrobiellen Abbau, andererseits kann Kalk in hoher Konzentration offensichtlich direkt die Pseudothecienbildung unterdrücken, wahrscheinlich (analog Harnstoff) infolge der Alkalisierung des Blattmilieus durch die Kalkbehandlung (Spotts *et al.*, 1997).

Miller und Rich (1968) konnten bei herbstlicher Behandlung von Fallaub mit 170 kg Kalk/ha nur eine Reduzierung der Ascosporenbildung um 32 % erzielen. Bei einer sehr hohen Aufwandmenge von 5080 kg/ha Dolomiten-Kalk wurde – allerdings unter Ausschluss der Regenwürmer – bei Behandlung der Blätter im Herbst in den beiden Versuchsjahren eine Reduzierung der Ascosporenmenge um 92 bzw. nur 55 % erzielt (Spotts *et al.*, 1997). Die im zweiten Versuchsjahr bestimmte Abbaurate der Blattfläche betrug nur 18 %.

10.4 Antagonisten

In Laborversuchen mit natürlich schorfinfizierten Blättern wie auch in Freilandversuchen nach herbstlicher Applikation auf (eingesammelten) abgefallenen Apfelblättern, vermochte der Basidiomycet *Athelia bombacina* die Pseudothecien- und Ascosporenpoduktion von *V. inaequalis* vollständig unterdrücken (Heye und Andrews, 1983; Miedtke und Kennel, 1990). Die geringere Wirkung in einer Variante mit bestimmter Nährstoffzugabe war mit einer entsprechend geringeren Besiedlungsdichte auf den Blättern korreliert (Miedtke und Kennel, 1990).

Auch Cesari (2001) konnte eine sehr gute Wirksamkeit von *A. bombacina* unter Freilandbedingungen feststellen. Die Applikation des Antagonisten vor Blattfall brachte dabei mit einer Reduzierung der Ascosporenzahl um 69 % eine deutlich geringere Wirkung als die einmalige Behandlung der Blätter nach Abschluss des Blattfalls, die einen Wirkungsgrad von 99 % aufwies.

Die Behandlung mit *Chaetomium globosum* zeigte mit einer Reduzierung der Ascosporenmenge um etwa 93 % gegenüber der Applikation von *A. bombacina* eine geringere, aber dennoch hohe Wirksamkeit (Heye und Andrews, 1983). Miedtke und Kennel (1990) konnten dagegen je nach *C. globosum*-Stamm bei jeweils rund 100 %iger Besiedelung der Blätter nur eine Verminderung der Ascosporenbildung um ca. 30-40 bzw. um ca. 65 % feststellen. Die Applikation von *C. globosum*-Ascosporen unmittelbar vor Blattfall führte zu keiner Reduzierung der Ascosporenproduktion (Bosshard *et al.*, 1987).

In ähnlichen, zweijährigen Modellversuchen unter Freilandbedingungen konnten Carisse *et al.*, (2000) bei Behandlung schorfbefallener Blätter mit *Microsphaeropsis* sp. bezüglich der Ascosporenreduktion einen Wirkungsgrad von 76 und 84 % feststellen. Die Reduktionsrate bei der zum Vergleich durchgeführten Applikation mit *Athelia bombacina* lag im ersten Versuch deutlich geringer mit ca. 46 %; im zweiten Jahr betrug sie 97 %.

In erstmals mit *Microsphaeropsis* sp. durchgeführten Feldversuchen erbrachte die Behandlung des Falllaubs (bei etwa 90 % Blattfall) nur eine Verminderung der Ascosporenmenge um 60 bzw. 63 %. Bei Applikation auf die Bäume (bei 10 % Blattfall) betrug der Wirkungsgrad 71 bzw. 80 % (Carisse *et al.*, 2000).

10.5 Diskussion

Auch wenn keine Angaben über die Höhe des Schorfbefalls gemacht werden, so zeigen die Praxisversuche zur Behandlung des Mulchens deutlich, dass eine Reduzierung der Ascosporenmenge auch zu einem entsprechend geringeren Infektionsdruck im Frühjahr führt. Nach den Ergebnissen muss die Ascosporenmenge um mindestens 80-90 % reduziert werden, um eine effiziente Reduzierung des Schorfbefalls zu erzielen. Das Mulchen kann eine sehr effektive Methode zur Bekämpfung der saprophytischen Phase des Schorfpilzes darstellen und in der Wirkung der Behandlung mit dem im integrierten Anbau verwendeten Harnstoff entsprechen oder sogar übertreffen. Dabei scheint die Wirkung des Mulchens vor allem bei größeren Flächen zum Tragen zu kommen. Dies könnte damit erklärt werden, dass durch die gehäckselten Blätter vor allem die Aktivität der Regenwürmer stimuliert wird und diese die Blätter bei einer großen Bodenfläche „leichter“ finden. So konnte in Modellversuchen mit verschiedenen Blattmengen mit steigender Anzahl der Blätter eine erhöhte Abbaurate festgestellt werden (Raw, 1962).

Eine alternative Behandlungsmethode könnte das Abflammen der am Boden liegenden Blätter sein. Ein Nachteil dabei ist der hohe Energieverbrauch. Dennoch könnte in Einzelfällen bei starkem Schorfbefall im Herbst diese Methode eine wirksame unterstützende Maßnahme sein, den Infektionsdruck im folgenden Frühjahr zu mindern. Ein interessanter Aspekt dieser Methode ist auch, dass – nach entsprechenden bestätigenden Untersuchungen – Schorfprophylaxe und Unkrautbekämpfung in einem Arbeitsgang erfolgen könnten.

Durch den Einsatz von Stallmistkomposten oder Rindenhumus kann der Laubabbau deutlich gefördert und folglich die Ascosporenfreisetzung gemindert werden. Hierbei scheint jedoch das Alter und die Konsistenz des Kompostes bzw. des Stallmistes eine Rolle zu spielen. Auch die Zusammensetzung der Präparate ist von Bedeutung. Ein enges C:N Verhältnis des Kompostes fördert die mikrobielle Zersetzung (Haider und Martin, 1979). Bei der Ausbringung von Komposten muss allerdings der Stickstoffeintrag bedacht und eine Überdüngung vermieden werden (Groß-Spangenberg, 1992). Die Verwendung von alternativen, kommerziell erhältlichen Präparaten wie Flüssigdünger, Kompostimpfmittel und Hornmehl zeigte in Modellversuchen eine witterungsabhängige und im Vergleich zum Mulchen eine deutlich geringere Wirkung.

Kalkhaltige Präparate scheinen nur in sehr hohen Aufwandmengen und in nicht reproduzierbarem Ausmaß eine Reduzierung des Ascosporenausstoßes zu bewirken. Dabei spielt die direkte Hemmung der Fruchtkörperbildung wohl eine größere Rolle als die Falllaubzersetzung. Unter Praxisbedingungen mit Beteiligung der Regenwürmer ist wohl mit einer insgesamt höheren Wirkung zu rechnen. Eine jährliche Ausbringung derart hoher Kalkmengen erscheint jedoch in Hinblick auf die Bodenqualität nicht erstrebenswert.

Mit dem vielversprechenden Antagonisten *Athelia bombacina* wurden bisher nur Modellversuche unter Freilandbedingungen durchgeführt. Die direkte Anwendung im Feld wurde erstmals von Clarisse *et al.* (2000) mit *Microsphaeropsis* sp. getestet. Dabei wurde die Schwierigkeit der Bodenbehandlung deutlich, die mit einem deutlichen Wirkungsverlust des Antagonisten gegenüber den vorherigen Applikationsversuchen einherging. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass – auch bedingt durch die oftmals lange Periode des Blattfalls – nur ein Teil der Blätter mit dem Antagonisten in Kontakt kommen (Miedtke und Kennel, 1990). Die Behandlung der Blätter im Oktober vor Beginn des Blattfalls stellt daher eine alternative Methode dar. Dies setzt jedoch voraus, dass der Antagonist sich auf den Blättern am Baum etablieren und dort unter Umständen einige Wochen bis zum Blattfall persistieren kann. Oder es werden Behandlungen zur Beschleunigung des Blattfalls durchgeführt (Miedtke und Kennel, 1990). Carisse *et al.* (2000) erreichten bei Applikation von *Microsphaeropsis* sp. bei 10 % Blattfall bezüglich der Reduzierung der Ascosporenmenge Wirkungsgrade zwischen 70 und 80 %, die damit nur etwas geringer waren als in den Modellversuchen mit direkter Falllaubbehandlung. Eine Besiedelung des Antagonisten auf dem lebenden Blatt scheint also möglich.

Aus der Untersuchung der antagonistischen Wechselwirkungen lassen sich auch neue Bekämpfungsmethoden ableiten. Es konnte nachgewiesen werden, dass die antagonistische Wirkung bezüglich *Athelia bombacina* und *V. inaequalis* auf Nahrungskonkurrenz beruht und dass beide Pilze Zellulasen bilden (Heye und Andrews, 1983; Kollar, 1994). Die Applikation von Enzymlösungen könnte die Entwicklung des Schorfpilz während der saprophytischen Phase ebenfalls hemmen und gleichzeitig würde die Falllaubzersetzung gefördert werden. Ein anderes Beispiel stellt das aus dem Kulturfiltrat von *Bacillus pumilus* gewonnene Biotensid dar, das die Konidienkeimung von *V. inaequalis* vollständig supprimierte. Da Pflanzenextrakte, die oberflächenaktive Substanzen enthielten, eine reduzierende Wirkung auf den Schorfbefall ausübten (s. 9.10), könnte geprüft werden, inwieweit solche Substanzen sich für einen Einsatz in der Bekämpfung des Apfelschorfs eignen.

Eine vergleichende, mehrjährige Feldstudie mit allen in Frage kommenden Präparaten und Methoden wurde bisher nicht durchgeführt, wäre aber wichtig, um das Potenzial der einzelnen Behandlungsmethoden besser einschätzen zu können.

Der Bekämpfung des Überwinterungsstadiums des Apfelschorfpilzes wird in der Praxis leider eine eher untergeordnete Bedeutung beigemessen, da in der Regel auch bei vermindertem Infektionspotenzial im Frühjahr Spritzungen nötig sind bzw. aus Sicherheitsgründen die übliche Anzahl der protektiven Behandlungen durchgeführt werden (MacHardy, 1996). Frühe Studien in den USA untersuchten den Einfluss auf den Schorfbefall infolge eines hohen Ascosporenangebots außerhalb der Versuchsanlage (Keitt und Palmiter, 1937; Palmiter, 1946). Demnach können Infektionsquellen bei Entfernungen bis zu 100 m ein erhöhtes Befallsrisiko darstellen. Zukünftige Untersuchungen sollten diesen Sachverhalt überprüfen.

11 Weitere Bekämpfungsstrategien

11.1 Überdachung

Eine alternative Methode der Schorfbekämpfung demonstrierte Geipel (1999) in einem Modellversuch, in dem einzelne Baumreihen überdacht und dadurch zu 100 % vor Schorfbefall geschützt werden konnten. Eine Überdachung vom Austrieb bis Juni erwies sich dabei bezüglich der Schorfbekämpfung als ausreichend, so dass eine verzögerte Fruchtausfärbung verhindert werden konnte.

Auf den ersten Blick erscheint diese Form des Pflanzenschutzes aufgrund der hohen Kosten und des hohen Materialverbrauchs als nicht praktikabel. Aber möglicherweise wäre diese Methode zumindest in Anlagen, die bereits über eine Hagelschutzvorrichtung verfügen, einsetz- bzw. kombinierbar. Voraussetzung hierfür sind natürlich weitere Studien, die auch den Einfluss auf den Schädlingsbefall unter diesen gewächshausähnlichen Bedingungen untersuchen.

11.2 Schorfprognosemodelle

Mit der Bestimmung der (meteorologischen) Infektionsbedingungen durch Mills (1944) wurde die ursprüngliche Terminierung nach phänologischen Gegebenheiten abgelöst (Vukovits, 1980). Die Mills-Kurve beschreibt die für eine Schorfinfektion notwendigen Blattnässezeiten und Temperaturen. Elektronische Schorfwarnanlagen messen die Blattnässedauer und die Temperatur und zeigen die erreichten Infektionsbedingungen nach Mills an (Schüepp *et al.*, 1984). Obwohl die Spritzungen weiterhin vorwiegend protektiv eingesetzt werden, können die Behandlungen gezielter und effektiver gegen den Apfelschorf eingesetzt werden. Da die Daten von Mills jedoch nicht die biologischen Faktoren (Ausstoß der Ascosporen) berücksichtigen, werden oftmals Infektionen gemeldet, obwohl die biologischen Bedingungen dafür nicht gegeben sind (Oberhofer, 1985; Kohl *et al.*, 1994; Kollar, 1997). Eine deutliche Verbesserung der Schorfprognose erbrachte die Entwicklung von Simulationsprogrammen seit Anfang der 90er Jahren, die neben den meteorologischen Bedingungen auch den Ascosporenausstoß in die Vorhersage integrieren. Mit den Schorfprognosemodellen wurden bisher gute Erfahrungen gemacht (Trapman, 1995; Harzer und Orth, 1997, 1999; Schell, 1999; Batzer *et al.*, 2000). Durch die elektronische Vernetzung von Wetterstationen ist es möglich, das Risiko von Schorfinfektionen in den verschiedenen Obstregeionen zu ermitteln und den Anbauer rechtzeitig zu informieren (Creemers, 1998; Harzer und Orth, 1999).

Die Voraussetzungen für eine gezielte Spritzung bei nur tatsächlich gegebenen Infektionsperioden und damit einer Einsparung der Spritzungen sind dem Anbauer damit gegeben. Dies setzt jedoch voraus, dass die Niederschläge nicht lange anhalten und die Anlagen nach dem Regen befahrbar sind. Aus diesem Grund sowie wegen der Gefahr der Resistenzbildung der spezifischen kurativen Fungizide wird eine ausschließlich gezielte Behandlungsstrategie daher nicht empfohlen (Galli und Nikusch, 2001; Schell, 1999).

Gerade im ökologischen Anbau, dem keine vergleichbaren kurativen Mittel zur Verfügung stehen, muß die Behandlung bei gezielter Strategie sehr rasch erfolgen. Dennoch konnte in ökologischen Versuchsanlagen unter klimatisch günstigeren Bedingungen wie in Südtirol (Kelderer *et al.*, 1997) oder am Versuchstandort Ahrweiler (Zimmer, 2000b) bei einer ausschließlich gezielten Behandlungsstrategie gegenüber der protektiven Applikation die Anzahl der Spritzungen ohne Wirkungsverlust herabgesetzt werden. So konnte Zimmer (2000b) bei gezielter Behandlung (nach Mills) die Anzahl der Schwefelkalkspritzungen im Vergleich zur vorbeugenden Strategie von 18 auf 10 und bei Verwendung des Simulationsprogramms weiter auf 8 reduzieren.

11.3 Oberkronenberegnung

Eine interessante Alternative, die die Problematik der rechtzeitigen Spritzung bei gezielter Behandlungsstrategie umgeht (s. 11.2), stellt die in Südtirol entwickelte Oberkronenberegnung dar (Kelderer *et al.*, 2000). Mit dieser Methode konnte bei gezieltem Einsatz, unabhängig von den eingesetzten Präparaten (Netzschwefel, Netzschwefel+Kupfer, Schwefelkalk), eine der herkömmlichen Sprühtechnik vergleichbare Schorfwirkung erzielt werden, wobei der Befall in der Schwefelkalkvariante bei Beregnung tendenziell geringer war. Zudem schien die Applikation der Fungizide durch die Oberkronenberegnung weniger toxisch auf Raubmilben zu wirken als die Ausbringung durch das Parzellensprühgerät.

Bei den derzeit bestehenden Zulassungsbedingungen in Deutschland ist eine Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln durch Oberkronenberegnung jedoch undenkbar (<http://www.bba.de/recht/pfg1.htm>).

11.4 Kulturmaßnahmen

Neben der direkten Bekämpfung des Apfelschorfs, gilt es einige vorbeugende Maßnahmen am Baum zu ergreifen, um die Anfälligkeit gegen den Schorfpilz zu mindern.

Hierzu gehört eine gute Durchlüftung der Bäume, um ein schnelles Abtrocknen der Blätter zu gewährleisten. Dies kann durch einen geeigneten Standort, weite Pflanzabstände und durch einen entsprechenden Baumschnitt erreicht werden (Freier *et al.*, 1992; Stoll, 1997).

Hohe Stickstoffgaben führen zu einer starken Belaubung und zu verminderten Abwehrkräften (geringere Bildung von sekundären Pflanzensstoffen) (Mayr, 1995; Stoll, 1997). Auf eine zurückhaltende Düngung ist daher zu achten.

‘Ein ruhiger Baum ist der „Schlüssel“ bei der Schorfbekämpfung!’ Mit diesen Worten unterstreicht Triloff (1999) die Wichtigkeit eines gemäßigten und nicht zu frühen Sommerschnitts, da die Bäume sonst wieder im Herbst austreiben und die Gefahr von Triebshorfinfektionen zunimmt. Die im nächsten Frühjahr neu gebildeten Konidien können in der Folge unabhängig vom Ascosporenflug einen zusätzlichen Infektionsdruck aufbauen.

11.5 Resistente Apfelsorten

Der Anbau von schorffresistenten Sorten wird im ökologischen Obstbau empfohlen (Spornberger, 2000). Obwohl schorffresistente Sorten seit Anfang der 80er Jahre in Deutschland zur Verfügung stehen, stieg das Interesse an diesen Sorten im Erwerbsobstbau nur langsam, da die Produktions- und Qualitätseigenschaften zu Beginn unbefriedigend waren (Kellerhals *et*

al., 1994). Neuere Sorten können bezüglich Fruchtqualität (Aussehen, Saftigkeit, Geschmack) aber auch bezüglich der Anbaueigenschaften gut mit den Standardsorten konkurrieren. „Spitzenreiter“ hierbei ist die Sorte `Topaz`, die bereits den größten Anteil im Anbau resistenter Sorten ausmacht (Dierend und Tenhumberg, 2000; Mayr, 2000). Aber auch anderen Sorten wie `Santana`, `Retina`, `Otava` und `Rubinola` werden gute Marktchancen eingeräumt (Mayr, 1998; Dickenmann 2000; Stehr 2001a; Rueß, 2001). In diesem Zusammenhang sind auch neue Marketingkonzepte gefordert (Weibel und Grab, 2000; Stehr, 2001b).

Beim verstärkten Anbau resistenter Sorten muß das Risiko der Anpassung des Pilzes berücksichtigt werden. Im Jahr 1999 konnte erstmals in Praxisbetrieben an den Vf-resistenten Sorten `Topaz`, `Santana` und `Otava` Schorfbefall festgestellt werden (Boss und Haug, 1999). Da die Resistenz der meisten anderen Sorten sich ebenfalls von dem Vf-Gen aus der Wildform *Malus floribunda* ableiten, werden in der Züchtung neue Wege beschritten, um durch polygen resistente Sorten die Gefahr der Resistenzdurchbrechung zu mindern (Urbanietz *et al.*, 1999; Schärer und Kellerhals, 2000; Fischer *et al.*, 2001). Transgene Apfelpflanzen, die pilzliche Chitinasen exprimierten, zeigten in Gewächshausversuchen eine hohe Resistenz gegen den Apfelschorf (Aldwinckle *et al.*, 2000). Gentechnisch veränderte Apfelsorten finden allerdings keine Akzeptanz im ökologischen Anbau.

Auch bei schorffresistenten Sorten sollten (im minimalem Umfang) Fungizidbehandlungen durchgeführt werden (Goerre *et al.*, 1999; Schärer und Kellerhals, 2000). Zum Einem, um der Anpassung des Schorfpilzes entgegen zu wirken. Zum Anderen treten in nicht behandelten Anlagen verstärkt Mehltaubefall sowie zusätzliche Pilzkrankheiten auf, wie zum Beispiel die Regenflecken- und die Fliegenschmutzkrankheit, die sonst bei der Schorfbekämpfung mit-erfasst werden.

12 Untersuchungen zur molekularen Interaktion im Wirt-Pathogen-System Apfel- *Venturia inaequalis*

Zu den charakterisierten Proteinen des Apfelschorfpilzes, die als Virulenzfaktoren und im Zusammenhang mit der pflanzlichen Abwehrreaktion eine bedeutende Rolle spielen und damit bei der Bekämpfung des Apfelschorfpilzes mögliche Angriffspunkte darstellen könnten, zählen die Melanoproteine, die Cutinasen sowie die zellwandabbauenden Enzyme.

Die gleichzeitige Inokulation von Konidien und den aus dem Kulturfiltrat gewonnenen Melanoproteinen führte zu einer verstärkten Läsionenbildung auf den Apfelblättern (Hignett *et al.*, 1967, 1984). Durch die Applikation eines chemischen Inhibitors der Cutinase auf Apfelblättern konnte das Eindringen des Pilzes in das Blatt verhindert werden (Köller *et al.*, 1991). Die charakteristische Lebensweise des Apfelschorfpilz zwischen Cuticula und äußerer

Epidermiszellwand lässt auch eine Beteiligung der pilzlichen zellwandabbauenden Enzyme in der Pathogenese vermuten. Bestätigt wird dies durch den mikroskopischen Nachweis lokaler Zellwandauflösungen der Epidermiszellen unterhalb der Myzelien (Corlett *et al.*, 1976; Valsangiacomo *et al.*, 1992) sowie durch die starke weltweite Uniformität der Isoenzymmuster der Pektinasen und Zellulasen bei *V. inaequalis*-Isolaten (Kollar, 1994; Foshag und Kollar, 2000).

Ein „Polygalacturonase inhibierendes Protein“ (PGIP) mit unterschiedlicher Wirksamkeit gegenüber verschiedenen Pektinasepräparationen wurde in mehreren Apfelsorten nachgewiesen (Brown, 1984; Valsangiacomo *et al.*, 1992). Während Müller *et al.* (1994) nach Inokulation mit *V. inaequalis* keine erhöhte PGIP-Konzentration feststellten, konnten Komjanc *et al.* (1997) infolge der Pilzinfektion, aber auch nach Applikation von Salicylsäure (s. 9.8) eine Akkumulation von PGIP-Transkripten (mRNA) nachweisen. Eine Bedeutung dieses Proteins in Abwehr- und Resistenzmechanismen der Pflanze gegen den Schorfpilz ist damit nicht ausgeschlossen.

Einen Forschungsschwerpunkt zur pflanzlichen Abwehr des Schorfpilzes bildeten die phenolischen Inhaltsstoffe des Apfels. Während früher das im Blatt in hohem Anteil vorkommende Phloridzin bzw. dessen Aglycon Phloretin im Mittelpunkt der Untersuchungen stand (Noveroske *et al.*, 1964a, b; Raa, 1968; Hanušová, 1969), konzentrierten sich rezentere Studien auf die Gruppe der Flavonoide (Flavan-3-ole), die in einem hohen Maße in den Epidermiszellen nach einer Infektion durch den Schorfpilz akkumuliert werden (Treutter und Feucht, 1990). Die Bedeutung der pflanzlichen Phenole in der Abwehrreaktion konnten Mayr *et al.* (1997) nachweisen. Durch Hemmung des Schlüsselenzyms der Phenolsynthese (Phenylammoniumlyase) mittels eines kompetitiven Inhibitors in jungen Trieben einer resistenten Sorte gelang es, sporulierende Schorfläsionen auf den Blättern zu erhalten.

In *in vitro* Untersuchungen konnte für die Oxidationsprodukte aller im Apfel vorkommenden Phenole eine präzipitierende Wirkung auf die zellwandabbauenden Enzyme festgestellt werden (Golba *et al.*, 2000; Golba, 2001). Die oxidierten Flavanole (Catechin, Epicatechin) zeigten dabei den stärksten Effekt. In einem Versuch an Apfelsämlingen konnte bei kurativer Applikation von oxidiertem Epicatechin kein Einfluss auf den Schorfbefall festgestellt werden. Bei protektiver Anwendung war die Reduzierung des Befalls bzw. der Konidienmenge zu gering, um eine eindeutige Wirkung zuzuordnen. Ursachen für die mangelnde Wirkung könnten eine zu geringe Konzentration der tatsächlich wirksamen Oxidationsprodukte sowie eine unzureichende Diffusion der Substanzen durch die Cuticula sein.

13 Schlussbetrachtungen und Konsequenzen für die Forschung

Zur Zeit stehen keine alternativen Mittel zur Verfügung, die anstelle der Kupferpräparate in der Vorblüte zur Bekämpfung des Apfelschorfs eingesetzt werden könnten. Der im ökologischen Anbau als weiteres Standardfungizid verwendete Netzschwefel wirkt meist unzureichend. Die getesteten Gesteinsmehle, Algenextrakte, Pflanzen-, Kompost- und andere organische Präparate und Substanzen zeigten keine oder bestensfalls eine dem Netzschwefel vergleichbare Schorfwirkung. Eine Wirkungsverbesserung des im Vergleich zu Kupferpräparaten schwächer wirkenden Netzschwefels konnte durch Zugabe der potenziellen Wirkstoffe nicht bzw. nur in unzureichendem Maße erreicht werden. Aufgrund der Phytotoxizität und der Aggressivität der im Vergleich zu Netzschwefel effektiven Schwefelkalkbrühe sollte deren Verwendung auf einzelne Spritzungen – insbesondere als kurative Anwendung in schweren Infektionsperioden – begrenzt bleiben.

Ein Einsparungspotenzial von Kupferpräparaten oder von Fungiziden allgemein durch phytosanitäre Maßnahmen ist unbestritten. Dennoch ist die Akzeptanz für diese Behandlungsmethode unter den Anbauern gering, da dadurch die Anzahl der üblicherweise vorbeugend durchgeführten Spritzungen nicht verringert wird. Ein direkter Vergleich aller bisher untersuchten Methoden zur Inhibierung der Pilzentwicklung bzw. zur Förderung der Falllaubzersetzung unter Praxisbedingungen fehlt bisher. Die tatsächliche Verminderung des primären Schorfbefalls in der Praxis aufgrund verschiedener Falllaubbehandlungen wäre in „Modellanlagen“ zu erforschen.

Die Applikation von Substanzen, die eine Bedeutung in der pflanzlichen Abwehrreaktion haben könnten, erzielten bisher nicht den erwünschten Erfolg. Eine ungezielte Fortführung der Testung weiterer pflanzlicher Extrakte und sonstiger Präparate erscheint wenig sinnvoll. Zielführend sollten für die Entwicklung neuer Präparate und Bekämpfungsmethoden innovative Forschungskonzepte und Ideen gefördert werden.

Die Forschung bezüglich schorffresistenter Apfelsorten wird weltweit betrieben und sollte auch in Zukunft einen wichtigen Stellenwert besitzen. Um das bisherige Problem der Resistenzdurchbrechung zu mindern, werden neue Züchtungsstrategien entwickelt. Das Ziel sind Apfelsorten, die sich durch eine dauerhafte Resistenz sowohl gegen den Schorfpilz wie auch gegen den Echten Mehltau auszeichnen. Neben den Resistenzeigenschaften müssen die Sorten auch den Anforderungen des Anbauers und Handels sowie den Ansprüchen des Verbrauchers bezüglich der Fruchtqualität genügen. In absehbarer Zeit ist nicht mit der Verfügbarkeit von resistenten Apfelsorten, die alle diese Kriterien erfüllen, zu rechnen. Die breite Einführung neuer Sorten kann, verbunden mit einer deutlichen Reduzierung der Pflanzenschutzmaßnahmen, nur eine langfristige Strategie darstellen.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass ein Kupferersatz mit vergleichbaren fungiziden Eigenschaften derzeit nicht verfügbar ist. Alle genannten Forschungsbereiche können einen Beitrag für den Kupferersatz im speziellen bzw. für die Bekämpfung des Apfelschorfes im allgemeinen prinzipiell leisten. Bei den schwierigen Gegebenheiten kann dies allerdings nur mittel- bis langfristig zum Erfolg führen, wenn neue Strategien in der anwendungsbezogenen Grundlagenforschung Ergebnisse liefern, die aussichtsreiche Ansätze für die praktische Forschung und in der Folge für die obstbauliche Praxis liefern.

14 Übersicht der beschriebenen Präparate

	Präparat	(potenzielle) Wirkstoffe
Anorganische Präparate	Kupfersalze	Kupferoxychlorid, Kupferhydroxid, Kupferoxid, Kupfersulfat, Kupferoctanat, Kupferkalk, ammoniakalisches Kupfersalz
	CUIVROL	Kupferpräparat mit Spurenelementen
	Netzschwefel	Elementarer Schwefel
	Flüssige Schwefelpäparate	Netzschwefel mit Kiefernöl
	Schwefelleber (Hepar sulfuris)	Reaktionsprodukt aus Schwefel und Kaliumcarbonat (Pottasche)
	Schwefelkalk	Calciumpolysulfid
	Wasserglas	Natriumsilikat
	Kaliumpermanganat	
	Kalk ¹	
Gesteinsmehle, Tonerden	ROCKSIL ²	Gesteinsmehl
	VULKAMIN; VULKASAN	Gesteinsmehle aus Phospholit
	AION A	Calciumcarbonat, Quarz, Feldspat und Tonminerale
	ULMASUD	Gesteinsmehl aus Algamatholith (aktivierte Tonerde, 10-12 % Aluminiumoxid (Al ₂ O ₃) und ca. 80 % Siliciumoxid)
	DIABAS	Bentonit (Tonerde)
	WITA BIO STAUB	
Mischpräparate mit Gesteinsmehlen/ Tonerden	PHYTOFIT ³	Bentonit und Algenkalk
	SILKABEN	Bentonit, Quarz und Algenkalk
	SEMIRAMIN	Gesteinsmehl + Mistelekt
	ÖKOFLUID-P	Gesteinsmehl, Lezithin, Silikate, Phosphat- Salze, Humus- und Kräuterextrakte
	BIOSIN	Algenkalk, Gesteinsmehle, Hefe- und Pflanzenextrakte
	BIOSAN	wie BIOSIN + 48 % Netzschwefel
	MYCOSIN	Schwefelsaure Tonerde (Kalium-Aluminium- sulfat), Silikate, Hefe, Pflanzenextrakte
	MYCOSAN	wie MYCOSIN + 40 % Schwefel

¹ gegen die Überwinterungsform des Schorfpilzes eingesetzt

² nur als Zusatz zu Netzschwefel getestet

³ als Zusatz zu Netzschwefel bzw. zu Vitamin E getestet

	Präparat	(potenzielle) Wirkstoffe
Algenpräparate	FUNGISAN	Braunalgenextrakt mit Fettsäuren, Sojalezithin
	PHYTOKINAMIN	Braunalgenextrakt mit aus Alginsäure gewonnenen Zuckermolekülen
	ALGENMEHL	
	ALGIFERT	
	FLÜSSIG-ALGEN	
	GOEMAR FRUTON SPEZIAL	
	NORDALGEN	
	ROTENBURGER MEERESALGEN spezielle Polysaccharide aus Meeresalgen ⁴	
Pflanzen- aufgüsse	Knoblauch	Senföle
	Meerrettich	Senföle
	Zwiebelschale	Senföle
	Schachtelhalm	Silikate, Schwefelverbindungen
	Vogelknöterich (<i>Polygonum aviculare</i>)	Flavonoide, Gerbstoffe, Kieselsäure
	Wasserdost (<i>Eupatorium cannabinum</i>)	Bitterstoffe, Gerbstoffe, aetherische Öle
Pflanzen- extrakte	ENVIREPEL ²	Knoblauchextrakt
	CITRICIDAL; CITRISAN	Grapefruitkernextrakte
	Eichenrinde	Gerbstoffe
	Tormentill (<i>Potentilla erecta</i>)	Gerbstoffe
	Salbei (<i>Salvia officinalis</i>)	Gerbstoffe, Flavone, Flavonglykoside
	Blackenwurzel (<i>Rumex obtusifolium</i>); RUMEX-Präparate	Anthrachinone
	Spitzwegerich (<i>Plantago lanceolata</i>)	Kieselsäure, Gerbstoffe, Flavonoide
	Schlüsselblume (<i>Primula veris</i>)	Saponine, Gerbstoffe, Kieselsäure
	Quecke (<i>Agropyron repens</i>)	Saponine, Kieselsäure
	HF-PILZVORSORGE	Saponinhaltiger Wurzelextrakt, aetherische Öle

² nur als Zusatz zu Netzschwefel getestet

⁴ resistenzinduzierende Substanzen

	Präparat	(potenzielle Wirkstoffe)
Pflanzen- extrakte	Efeublatt (<i>Hedera helix</i>)	Saponine
	Königskerze (<i>Verbascum densiflorum</i>)	Saponine
	Weißer Seifenwurz (<i>Radix Saponariae Albae</i>)	Saponine
	Gerstenmalz	
Pflanzenöle	LIPOMEL	Pflanzliche Öle mit natürlichen Begleitlipiden
	CODACIDE OIL	
	Olive	
	Raps	
	Sojabohne	
	Sonnenblume	
	Traubenkern	
	Weizenkorn	
Sonstige Pflanzenprä- parate	PLUAPRO BAC ²	homöopathisches Präparat
	BIOLIGHT	Aminosäuren, Vitamin B, Zellenextrakte, Vorprodukte der photosynthetischen Pigmente, auxinähnliche Substanzen
	CIFAMIN BK	L- α -Aminosäuren, natürliche Auxine, Cytokinine, Mikronährstoffe
	NEUDOVITAL	Gemisch von drei natürlichen Fettsäuren + spurenelementreiche Pflanzenextrakte
	LEDAX BIO	Schachtelhalm, Knoblauch, natürliche Fette und Öle
	LEDAX SAN	Wie LEDAX BIO + Schwefel
	LEDAX PILZSTÄRKER	
	ANTIPIILZ	
	Zitronensäure ²	

² nur als Zusatz zu Netzschwefel getestet

	Präparat	(potenzielle) Wirkstoffe
Kompost- und Humuspräparate	DYNAMIK	Kompostextrakte/Bakterienkulturen/ Pflanzenextrakte (beinhaltet Vit A, E, B1, B2, B12 , Spurenelemente, Phytohormone)
	BIOVIN	Tresterkompost
	Pferdemistkompost ⁵	
	Rindenmistkompost ⁵	
	RADIVIT ¹	Kompostimpfmittel
	HUMINVITAL	aus fossilem, organischen Material (Leonardit) mit 80-92 % Huminsäuren
	HUMULUS; SILKAHUM	Humusextrakte
	SIAPTON ¹	organischer Flüssigdünger
	LIGNOSTRAT PUR ¹	Rindenumus
	Hornmehl ¹	
Verschiedene organische Präparate	PROPOLIS	Antibiotische Stoffe aus Bienenwaben. Lecithine, Flavonoide
	Chitosan	Chemisch modifiziertes Chitin, aus der Schale von Crustaceen gewonnen
	PLANTACUR E	Vitamin E (α -Tocopherol, 24 % a.i.)
	CURON E	Vitamin E (fungizidbetonte Formulierung)
	BIOBLATT ⁶	Lezithine
	Sojalezithin	
	Molke	
	Kokosseife ²	
	Schmierseife ²	
	Salicylsäure ⁴	

¹ gegen die Überwinterungsform des Schorfpilzes eingesetzt

² nur als Zusatz zu Netzschwefel eingesetzt

⁴ resistenzinduzierende Substanzen

⁵ zur Bekämpfung während der Vegetationsperiode und gegen die Überwinterungsform des Schorfpilzes eingesetzt

⁶ nur als Zusatz zu Kupferpräparaten getestet

15 Literaturverzeichnis

- Aldwinckle, H. S., J. L. Norelli, J. P. Bolar und G. E. Harman, 2000. Increased resistance to scab (*Venturia inaequalis*) of transgenic apple plants expressing chitinases from *Trichoderma*. Bulletin IOBC wprs **23** (12), 119-121.
- Agrios, G.N., 1988. Plant pathology. Academic press. 3. Auflage. New York.
- Andrews, J. H., Berbee, F. M. und Nordheim E. V., 1983. Microbial antagonism to the imperfect stage of the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*. Phytopathology **73**, 228-234.
- Arndt, R.; P. Baumjohann, H. Passon und A. Prokop, 2001. NEU 1140 F – Ein neues Kupferfungizid auf Basis von Kupfersalzen. Produktinformation der Fa. Neudorff.
- Batzer, U., R. Berling und H.-U.- Helm, 2000. Erfahrungen mit dem Schorf-simulationsprogramm SCHORFEXPERT, Erwerbsobstbau **42**, 1-7.
- Becker, B., G. Menke und H. Buchenauer, 1994. Untersuchungen zur induzierten Resistenz an Apfelsämlingen gegenüber Apfelschorf (*Venturia inaequalis*). Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtsch. **301**, 265.
- Becker, B., M. Straub und H. Buchenauer, 1993. Eignung ausgewählter biologischer Pflanzenbehandlungsmittel zur Regulierung von Apfelschorf und ihre Nebenwirkungen. **6.** Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 87-91. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (Hrsg.).
- Bertschinger, L. und W. Stadler, 1997. Vitamin E: Erste Resultate aus Feldversuchen in der Schweiz. Schweiz. Z. Obst-Weinbau **133** (6), 150-151.
- Börner, H., 1997. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, **7.** Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Boscheri, S. und H. Mantinger, 1994. 10jährige Erfahrungen mit biologisch-organischem Apfelanbau am Versuchszentrum Laimburg. Erwerbsobstbau **36**, 127-129.
- Boss, M. und P. Haug, 1999. Schorfresistenz – ein vielversprechender Weg in die Zukunft? Mitteilungen des Beratungsdienstes Ökologischer Obstbau e.V., Weinsberg, (4), 6-7.
- Bosshard, E., 1993. Prüfung von alternativen Präparaten zur Bekämpfung von Apfelschorf und -mehltau 1985-1992. Überblick und Schlussfolgerungen. **6.** Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 81-86. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (Hrsg.).
- Bosshard, E. und A. Häseli, 1993. Schlussbericht zum Projekt: Förderung von Methoden des biologischen Apfelanbaus 1985-1993. Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Oberwil.
- Bosshard, E., H. Schüepp und W. Siegfried, 1987. Concepts and methods in biological control of diseases in apple orchards. EPPO Bulletin **17**, 655-663.
- Bosshard, E., H. Schüepp, A. Häseli und U. Niggli, 1994. Die Wirkung natürlicher Substanzen für die Regulierung von Apfelschorf. Obstbau Weinbau **31**(22), 528-530.

- Bosshard, E., 1992. Effect of Ivy (*Hedera helix*) leaf extract against apple scab and mildew. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* **27** (1-4), 135-140.
- Boudreau M. A. und J. H. Andrews, 1987. Factors influencing antagonism of *Chaetomium globosum* to *Venturia inaequalis*: A case study in failed biocontrol. *Phytopathology* **77**, 1470-1475.
- Brown, A. E., 1984. Relationship of endopolygalacturonase inhibitor activity to the rate of fungal rot development in apple fruits. *Phytopathol. Z.* **111**, 122-132.
- Burr, T. J., M. C. Matteson, C. A. Smith, M.-R. Corral-Garcia und T.-C. Huang, 1996. Effectiveness of bacteria and yeasts from apple orchards as biological control agents of apple scab. *Biological Control* **6**, 151-157.
- Carisse, O., 2000. 50 years of research on biological control. *IOBC wprs Bulletin* **20** (9), 5-10.
- Carisse, O., V. Phillon, D. Rolland und J. Bernier, 2000. Effect of fall application of fungal antagonists on spring ascospore production of the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* **90** (1), 31-37.
- Cesari, A., 2001. Lutte alternative contre la tavelure par l'emploi du champignon antagoniste *Athelia bombacina*. Colloque Européen Pomme – Protection biologique et alternative pomme: verger – conservation. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (Hrsg.), Paris.
- Cinq-Mars, L., 1949. Interactions between *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. and saprophytic fungi and bacteria inhabiting apple leaves. Thesis. McGill University.
zit. nach Carisse (2000)
- Corral-Garcia, M. R., T. J. Burr, M. C. Matteson und C. A. Smith, 1995. Epiphytic survival of *Pseudomonas syringae* 508 and its activity against *Venturia inaequalis*: Application in biological control of apple scab. 6th International Symposium on the Microbiology of Aerial Plant surfaces, Bandol, Frankreich.
- Corlett, M., J. Chong und E. G. Kokko, 1976. The ultrastructure of the *Spilocaea* state of *Venturia inaequalis*. *Can. J. Microbiol.* **22**, 1144-1152.
- Creemers, P., 1998. Durchdachte Schorfbekämpfung – Flexibilität als Herausforderung. *Obstbau* **23** (4), 209-212.
- Creemers, P., 2001. Alternative control methods of fungal diseases: Induced resistance with natural products. Biological control of post harvest diseases with yeasts. Colloque européen pomme – Protection biologique et alternative pomme: verger – conservation. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (Hrsg.) Paris.
- Dickenmann, E., 2000. Degustationen der neuen resistenten Sorten. *Obstbau* **25** (1), 13-15.
- Dierend W. und L. Tenhumberg, 2000. Ökologische Obstbaubetriebe in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. *Erwerbsobstbau* **42**, 157-165.
- Domange, A. L. und J. F. Dejoux, 1993. Protection against apple scab (*Venturia inaequalis*). 6. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 97-102. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt Weinsberg (Hrsg.).
- Drahorad, W., 1995. Wundermittel Vitamin E. *Obstbau*, **20** (6), 178-179.

- Easterbrook, M. A. und M. M. Fuller, 1986. Russetting of apples caused by apple rust mite *Aculus schlechtendali*. Ann. Appl. Biol. **109**, 1-9.
- Fischer C., M. Fischer, und W. Dierend, 2001. Stabilität der Schorfresistenz bei resistenten Apfelsorten. Obstbau **26** (1),15-19.
- Fiss, M., 2001. Evaluierung von epiphytischen Antagonisten zur biologischen Kontrolle des Apfelschorferregers *Venturia inaequalis*. Dissertation. Universität Hannover.
- Fiss, M., N. Kucheryava, J. Schönherr, A. Kollar, G. Arnold und G. Auling, 2000. Isolation and characterization of epiphytic fungi from the phyllosphere of apple as potential biocontrol agents against apple scab (*Venturia inaequalis*). J. Plant. Dis. Protect. **197** (1), 1-11.
- Foshag, E. und A. Kollar, 2000. Cellulase- and pectinase-zymograms of various *Venturia inaequalis*- and *V. pirina*- isolates. Bulletin IOBC wprs. **23** (12), 77-80.
- Freier, B., R. Gottwald, P. Baufeld, W. Karg und S. Stephan, 1992. Integrierter Pflanzenschutz im Apfelanbau – Ein Leitfaden. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirt. **278**.
- Fried, A., 2001 (Pflanzenschutzdienst, Regierungspräsidium Karlsruhe): unveröffentlichte Versuche
- Fried, A. und H.-D. Beuschlein, 1997. Wirkt Vitamin E?. Obst und Garten **116** (1), 10-11.
- Galli, P. und I. Nikusch, 2001. Pflanzenschutz im Erwerbsobstbau 2001. Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart.
- Geipel, K., 1999. Mit oder ohne Überdachung? Apfelschorf. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.
- Goerre, M., M. Kellerhals und F. Weibel, 1999. Porträt schorfresistenter Apfelsorten. Schweiz. Z. Obst-Weinbau **135** (3), 64-68.
- Golba, B., 2001. Die Wirkung pflanzlicher Phenole auf die Proteine und zellwandabbauenden Enzyme des Apfelschorfpilzes *Venturia inaequalis*. (Cke.) Wint.. Dissertation. Universität Heidelberg.
- Golba B., A. Lux-Endrich, D. Treutter und A. Kollar, 2000. Wirkung pflanzlicher Phenole und deren Oxidationsprodukte auf die Proteine des Apfelschorfpilzes *Venturia inaequalis*. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft. **376**, 158.
- Groß-Spangenberg, A., 1992. Untersuchungen zur Regulierung des Apfelschorfes *Venturia inaequalis* mit Kompost und Kompostextrakten. Dissertation. Universität Bonn.
- Gupta, G. K., 1992. Apple scab (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.). In: Plant diseases of international importance. Diseases of fruit crops, Vol. III. Kumar, J., H. S. Chaube, U. S. Singh und A. N. Mukhopadhyay (Hrsg.). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Haider, K. und J. P. Martin, 1979. Abbau und Umwandlung von Pflanzenrückständen und ihren Inhaltsstoffen durch die Mikroflora des Bodens. Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde **142**, 456-475.
- Harzer, U. und A. Orth, 1997: Apfelschorfbekämpfung – Erfahrung mit dem Schorfsimulationsmodell RIMpro. Obstbau **22**, 226-235.
- Harzer, U. und A. Orth, 1999: Das Schorfsimulationsmodell RIMpro. Obstbau **24**, 13-16.

- Heß, D., 1991. Pflanzenphysiologie. 9. Auflage. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Heye, C. C. und J. H. Andrews, 1983. Antagonismn of *Athelia bombacina* and *Chaetomium globosum* to the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*, **73**, 650-654.
- Hock, B. und E. F. Elstner, 1995. Schadwirkungen auf Pflanzen. 3. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Hoffmann G. M., F. Nienhaus, H.-M. Poehling, F. Schönbeck, H. C. Weltzien und H. Wilbert, 1994. Lehrbuch der Phytomedizin. 3. Auflage. Blackwell Wissenschafts-Verlag. Berlin.
- Hanušová, M., 1969. Über die Aktivität der Polyphenoloxidasen und der Ascorbinsäureoxydase in Apfelblättern, die von *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. infiziert waren. *Phytopathol. Z.* **65**(2), 189-200.
- Hignett, R. C. und D. S. Kirkham, 1967. The role of extracellular melanoproteins of *Venturia inaequalis* in host susceptibility. *J. Gen. Microbiol.* **48**, 269-275.
- Hignett, R. C., A. L. Roberts und J. H. Carder, 1984. Melanoprotein and virulence determinants of *Venturia inaequalis*. *Physiol. Plant Pathol.* **24**, 321-330.
- Hilbers, J., 2000. Situation des ökologischen Obstbaus in den Niederlanden. *Mitt. OVR* **55** (10), 343.
- Jansonius, P. J., J. Bloksma, B. Heijne und R. H. N. Anbergen, 2000. Alternatives for copper fungicide against scab on Jonagold apple. 9. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 18-20. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Karrer, E., 1992. Versuch zur Regulierung des Apfelschorfs (*Venturia inaequalis*) mit alternativen Pflanzenbehandlungsmitteln in der Vorblüte. 5. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 66-69. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (Hrsg.).
- Keipert, K., 1990. Biologisch-dynamischer Anbau von Äpfeln. Praktische Erfahrungen aus einem Anbauversuch in der Lehr- und Versuchsanstalt Auweiler 1978-1990. Landwirtschafts-kammer Rheinland, Gruppe Gartenbau. Bonn.
- Kelderer, M., 1996: Versuch aus dem Jahr 1996, beschrieben in: Kelderer, 2001. Regulation of apple scab in organic agriculture. Use of low dosages of copper, lime sulphur and rock powder. Colloque européen pomme – Protection biologique et alternative pomme: verger – conservation. Centre technique interprofessionel des fruits et légumes (Hrsg.) Paris.
- Kelderer, M., C. Casera und E. Lardschneider, 1997. Schorffregulierung: Verschiedene Kupferformulierungen – Alternativen zum Kupfer – gezielte Behandlung. 8. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 9-14. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Kelderer, M., C. Casera und E. Lardschneider, 2000. Zwei Jahre Erfahrungen mit der gezielten Schorfbekämpfung durch die Oberkronenberegnung. 9. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 5-11. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Kelderer, M., 2001. Versuchstätigkeit 2001. Schorf-Freilandversuche. Versuchszentrum Laimburg.

- Kellerhals, M., M. Meyer, P. Rusterholz und C. Fischer, 1994. Krankheitsresistente Apfelsorten. *Obst und Garten*, **113**(1), 9-12
- Kennel, W., 1984. Apfelschorf – Überlegungen zum ersten Spritztermin. *Obst und Garten* **103**, 150-152.
- Kern J., 1991. Auftreten und Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen im „Biologischen Obstbau“. Dissertation. Universität Hohenheim.
- Kienzle, J., A. Zeyer und K. Schmidt., 1995. Zweijährige Untersuchungen zur Optimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Obstbau. **7. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau**, 53-57. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Keitt, G. W. und D. H. Palmer, 1937. Potentialities of eradicant fungicides for combating apple scab and some other plant diseases. *J. Agric. Res.* **55**, 397-436.
- Kloskowski, R., 1999. Verbleib von Kupfer in Boden und Wasser nach Anwendung von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln. In: *Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **53**, 34-37.
- Kohl, R., J. Blanco und A. Kollar, 1994. Detection of infection periods and evaluation of the parameters for the epidemiology of the apple scab disease. *J. Plant. Dis. Protect.* **101** (4), 378-385.
- Kohler, E., 1991. Schorfabwehr mit Neudovital, Ulmasud und Vulkamin. Wirkung und Nebenwirkungen. **4. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg** (Hrsg.).
- Köllner, W., D. M. Parker und C. M. Becker, 1991. Role of cutinase in the penetration of apple leaves by *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* **61** (11), 1375-1379.
- Kollar, A., 1994. Characterization of specific induction, activity and isozyme polymorphism of extracellular cellulases from *Venturia inaequalis* detected *in vitro* and on the host plant. *Mol. Plant-Microbe Interact.* **7**, 603-611.
- Kollar, A., 1997. Aktuelle Forschung an dem bedeutendsten Erreger im Apfelanbau, dem Apfelschorfpilz *Venturia inaequalis*. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **49** (5), 131-136.
- Komjanc, M., S. Schmid, F. Cervone und G. de Lorenzo, 1997. Accumulation of a polygalacturonase-inhibiting protein (PGIP)-like mRNA in apple is induced upon infection with *Venturia inaequalis* and salicyl acid treatment. *IOBC wprs Bulletin* **20** (9), 155-162.
- Krüger, E., S. Rasim, T. Rehmet und P. Zwermann, 2000. Reduzierung des Ascosporenpotenzials von *Venturia inaequalis* durch Förderung der Falllaub-Zersetzung. **9. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau**, 12-17. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Kucheryava, N., M. Fiss, G. Auling und R. M. Kroppenstedt, 1999. Isolation and characterization of epiphytic bacteria from the phyllosphere of apple, antagonistic *in vitro* to *Venturia inaequalis*, the causal agent of apple scab. *System. Appl. Microbiol.* **22**, 472-478.

- Kula, C., 1999. Auswirkungen von Kupfer auf die terrestrische Flora und Fauna. In: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. **53**, 38-43.
- Lindhard Pedersen, H., 2001 (Danish Institute of Agricultural Sciences): mündliche Mitteilung
- Lust, V., 1987. Biologischer Obst- und Gemüsebau, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- MacHardy, W. E., 1996. Apple scab. Biology, epidemiology, and management. APS Press, St. Paul Minnesota.
- Mantinger, H. Erfahrungen mit Vitamin E im Obstanbau, 1996. Obstbau Weinbau **33** (10), 257-259.
- Mayr, U., 1995. Einfluß des Phenolstoffwechsels beim Apfel (*Malus domestica*) auf das Resistenzpotential gegen Apfelschorf (*Venturia inaequalis*). Dissertation TU München.
- Mayr, U., S. Michalek, D. Treutter und W. Feucht, 1997. Phenolic compounds of apple and their relationship to scab resistance. J. Phytopathol. **145**, 69-75.
- Mayr, U., 1998. Neue schorffresistente Apfelsorten: Ergebnisse von vier Degustationen. Schweiz. Z. Obst-Weinbau, **134** (3), 78-79.
- Mayr, U., 2000. Auf resistente Apfelsorten bauen? Obstbau **25** (6), 340-344.
- Miedtke, U. und W. Kennel, 1990. *Athelia bombacina* und *Chaetomium globosum* as antagonists of the perfect stage of the apple scab pathogen (*Venturia inaequalis*) under field conditions. J. Plant Dis. Protect. **97** (1), 24-32.
- Miller, P. M. und S. Rich, 1968. Reducing spring discharge of *Venturia inaequalis* ascospores by composting overwintering leaves. Plant Dis. Rep. **52**, 728-730.
- Mills, W. D., 1944. Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. Cornell Extension Bulletin **630**, 2-4.
- Moritz, S. I., 1993. Bekämpfung primärer Infektionsquellen des Apfelschorfs (*Venturia inaequalis*) durch Einsatz eines Abflammgerätes, einjährige Erfahrungen, Modellansatz. **6**. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstanbau, 103-106. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstanbau Weinsberg (Hrsg.).
- Müller, M., H. Sierotzki und C. Gessler, 1994. Are phenolics and enzyme inhibitors involved in resistance of apple against *V. inaequalis*? Norweg. J. Agric. Sci. **17**, 339-402.
- Noga, G., 1995. Einsatz von Vitaminen gegen Pflanzenstreß. Oppenheimer Gartenbaureihe **14**, 120-129.
- Northover, J., 1991: Control of apple scab and powdery mildew with plant oils. (Abstr.) Phytopathology **81**, 1137.
- Northover, J. und K. E. Schneider, 1993. Activity of plant oils on diseases caused by *Podosphaera leucotricha*, *Venturia inaequalis* und *Albugo occidentalis*. Plant Dis. **77** (2), 152-157.
- Noveroske, R. L., J. Kuc und E. B. Williams, 1964a. Oxidation of phloridzin and phloretin related to resistance of *Malus* to *V. inaequalis*. Phytopathology **54**, 92-97.

- Noveroske, R. L., J. Kuc und E. B. Williams, 1964b. β -Glucosidase and phenoloxidase in apple leaves and their possible relation to resistance to *V. inaequalis*. *Phytopathology* **54**, 98-103.
- Oberhofer, H., 1985. Der Apfelschorf, Lebensweise und Bekämpfung. Südtiroler Beratungsring für Obst- und Weinbau (Hrsg.). 2. Auflage. Lana.
- Ortega, F., U. Steiner und H.-W. Dehne, 1998. Induced resistance to apple scab: Microscopic studies on the infection cycle of *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.. *J. Phytopathology* **146**,
- Palm, G., 1989. Der Apfelschorf und Möglichkeiten seiner Bekämpfung. *Obstbau* **14** (4), 144-152.
- Palm, G., 1995. Versuche zur Bekämpfung des Schorfpilzes mit Kupferpräparaten. *Mitt. OVR* **50** (2), 51-60.
- Palm, G., 1997. Apfelschorfbekämpfung im ökologischen Obstbau. 7. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 20. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Palm, G., 1999. Einsatz von Kupfer im Kern- und Steinobstbau. In: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. **53**, 29-33.
- Palm, G., 2001 (Obstbauversuchsanstalt Jork): mündliche Mitteilung
- Palmiter, D. H., 1946. Ground treatments as an aid in apple scab control. N.Y. Agric. Expt. Stn. Bull. **714**. 27pp.
- Passon, H., 1997. Zusammenfassende Darstellung von Versuchsergebnissen mit Neudo-Vital bei verschiedenen Krankheiten im Obstbau. 8. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 26-30. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Pfeiffer, B., 1995. Vergleich verschiedener Zusätze zu Netzschwefel bei der Schorfbekämpfung nach der Blüte. 7. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 45-48. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Pfeiffer, B., 2000a. Nebenwirkungen von Schorfbekämpfungsmitteln im ökologischen Obstbau. 9. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 74-79. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Pfeiffer, B. 2000b. Nicht veröffentlichte Ergebnisse zu Pfeiffer, B., 2000a.
- Pfeiffer, B. 2000c. Versuche zur Ausdünnung. 9. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 95-100. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Pontzen, R. und H. Scheinpflug, 1989. Effects of triazole fungicides on sterol biosynthesis during spore germination of *Botrytis cinerea*, *Venturia inaequalis* and *Puccinia graminis* sp. *tritici*. *Neth. J. Pl. Path.* **95** (1), 151-160.
- Raa, J., 1968. Polyphenols and natural resistance of apple leaves against *V. inaequalis*. *Neth. J. Plant Pathol.* **74**, 37-45.

- Raw, F., 1962. Studies of earthworm populations in orchards. I. Leaf burial in apple orchards. *Ann. Appl. Biol.* **50**, 389-404.
- Rueß, F., 2001. Schorfresistente Sorten. *Obst und Garten* (1), 10-12. **26 (1)**
- Ryals, J. A., U. H. Neuenschwander, M. G. Willits, A. Molina und H.-Y. Steiner, 1996. Systemic acquired resistance. *The plant cell* **8**, 1809-1819.
- Schärer, H.-J. und M. Kellerhals, 2000. Schorfdurchbruch bei Vf-resistenten Apfelsorten? *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **136** (7), 24-26.
- Schell, E., 1999. Schorfprognoseprogramm RIMpro – dreijährige Versuchserfahrungen. *Obstbau* **24** (3), 157-160.
- Schmitz, M. und G. Noga, 1995. Einsatz von Vitamin E im Obstbau zur Minderung oxidativen Stresses und Förderung der Fruchtqualität. **7. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau**, 35-39. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Schmitz, M. und G. Noga, 1998. Tocopherol and its potential for improving fruit quality in apple. In: *Berichte aus der Agrarwissenschaft. Antioxidants in higher plants: Biosynthesis, characteristics, actions and specific functions in stress defence*. Noga G. und Schmitz, M. (Hrsg.). Shaker Verlag, Aachen.
- Schmitz, M., U. Strobel und G. Noga., 1997. Vergleichende Untersuchungen zur Wirksamkeit von Pflanzenstärkungsmitteln. **8. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau**, 31-36. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Schüepp, H. W., W. Siegfried und E. Bosshard, 1984. Gezielte Schorfbekämpfung setzt zuverlässige Überwachung der Infektionsbedingungen voraus. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **120**, 215-227.
- Schüler, P., 1995. Pflanzenpflege- und Pflanzenstärkungsmittel für den Einsatz in Obst- und Weinbau. Diplomarbeit. Technische Universität München.
- Siegfried, W. und E. Bosshard, 1991. Schorfbekämpfung 1990. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **127**, 183-189.
- Siggelkow, C. und B. Jäckel, 1998. Nebenwirkungen von Pflanzenstärkungsmitteln auf Raubmilben. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **50** (11), 278-284.
- Simard, J., R. L. Pelletier und J. G. Coulson, 1957. Screening of microorganisms inhabiting apple leaf for their antibiotic properties against *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. Annual report of the Quebec Society of the protection of plants **39**, 392-396.
- Spangenberg, R., 1999. Prüfung der Auswirkungen von Kupfer auf die Wasserorganismen. In: *Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **53**, 44-54.
- Steck, U. und H. Schneider, 1993. Zur Wirkung sogenannter „Biomittel“ im Gartenbau. *Gesunde Pflanzen* **45** (3), 98-105.
- Steffek, R., 1999. Regulierung des Apfelschorfs (*Venturia inaequalis*) im biologischen Obstbau – Einfluß der Verringerung praxisüblicher Kupfer- und Schwefelkalkdosierungen bei gezielter Behandlung. *Pflanzenschutzberichte* **58** (1), 7-12.

- Stehr, R., 2001a. Erfahrungen zu ausgewählten schorfresistenten Apfelsorten – Teil 1: Anbaueigenschaften und Fruchtbewertungen. Mitt. OVR **56** (6), 192-198.
- Stehr, R., 2001b. Erfahrungen zu ausgewählten schorfresistenten Apfelsorten – Teil 2: Ergebnisse von Verbrauchertests und Befragungen auf Großhandelsebene. Mitt. OVR **56** (7), 226-234.
- Stensvand A. und T. Amundsen, 2000. Evaluation of three copper fungicides against apple scab. Tests of agrochemicals and cultivars, **21**.
- Stoll, K., 1997. Der Apfel – Inhaltsstoffe – Fruchtaufbau – Qualitätserkennung, Wädenswil.
- Straub, M., 1993. Versuche zur postinfektionellen Ausbringung von biologischen Pflanzenbehandlungsmitteln zur Regulierung von Apfelschorf. **6**. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 92-96. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (Hrsg.).
- Straub, M., 1995. Ausgewählte Ergebnisse einer zweijährigen Leistungsprüfung biologischer Pflanzenbehandlungsmittel an Apfelbäumen. **7**. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 40-44. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Straub, M. und J. Kienzle, 1991. Versuch zur Schorffregulierung mit alternativen Pflanzenbehandlungsmitteln. **4**. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 56-60. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (Hrsg.).
- Straub, M. und J. Kienzle, 1992. Anwendung von biologischen Pflanzenbehandlungsmitteln gegen Apfelschorf (*Venturia inaequalis*) und deren Einfluss auf tierische Schädlinge. **5**. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 66-69. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (Hrsg.).
- Straub, M. und J. Kienzle, 1998. Wirksamkeit von biologischen Pflanzenbehandlungsmitteln beim Apfel, Bericht über die Versuchstätigkeit 1989-1997, Weinsberg.
- Spornberger, A., D. Sinkovits und K. Pieber, 2000. Untersuchungen zur Verringerung von direkten Bekämpfungsmaßnahmen bei einigen Obstarten im biologischen Anbau. **9**. Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 80-86. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Spotts, R. A., L. A. Cervantes und F. J. A. Niederholzer, 1997. Effect of Dolomitic lime on production of asci and pseudothecia of *Venturia inaequalis* and *V. pirina*. Plant Dis. **81**, 96-98.
- Sutton, D. K. und W. E. MacHardy, 1993. The reduction of ascospore inoculum of *Venturia inaequalis* by orchard sanitation. (Abstr.) Phytopathology **83**, 247.
- Themann, O. und R. Faby, 2000. Obstbaumkrebs – Versuchsergebnisse zur Bekämpfung. Obstbau **25** (10), 554-558.
- Trapman, M., 1995. Integrierte Schorfbekämpfung – das Schorfsimulationsprogramm RIMpro. Obstbau **20** (2), 63-66.
- Trapman, M. und E. Drechsler-Elias, 2000. Die kurative Wirkung von Schwefelkalk gegen Apfelschorf. Obstbau **25** (10), 559-561.

- Tränkner, A. und R. Kirchner-Bierschenk, 1988. Vorläufige Ergebnisse bei der Bekämpfung des Apfelschorfes durch Extrakte aus kompostierten organischen Materialien. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent **53/2a**, 359-362.
- Treutter, D. und W. Feucht, 1990. Accumulation of flavan-3-ols in fungus-infected leaves of rosaceae. J. Plant Dis. Protect. **97** (6), 634-641.
- Triloff, P., 1999. Elf Jahre biologisch-orientierte Schorfbekämpfung. Obstbau **24** (10), 544-550.
- Tweedy, B.G., 1981. Inorganic sulfur as a fungicide. Residue Reviews **78**, 43-68.
- Urbanietz, A., F. Dunemann, C. Fischer und Y. Lespinasse, 1999. D.A.R.E. – Ein Projekt europäischer Apfelmzüchter zur Schaffung dauerhafter Resistenzen gegen Schorf und Mehltau. Erwerbsobstbau **41**, 198-201.
- Valsangiacomo, C., M. Rockstuhl und C. Gessler, 1992. *In vitro* degradation of cell walls of apple leaves by pectinolytic enzymes of the scab fungus, *Venturia inaequalis*, and by commercial pectinolytic and cellulolytic enzyme preparations. J. Phytopathol. **135**, 20-27.
- Vukovits, G., 1980. Obstkrankheiten. Erkennung, Ursachen und Bekämpfung. Teil II. Kernobst. Leopold Stocker Verlag. Graz.
- Wassermann, O., 1969. Untersuchungen über den antibiotischen Einfluß von Bakterien und Pilzen auf das Wachstum von *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. *in vitro*. Zentralblatt f. Bakteriologie **123**, 30-55.
- Weibel F. und F. Grab, 2000. Sustainable production needs sustainable marketing: Evaluation of a new marketing concept to introduce organically grown scab (*Venturia inaequalis*) resistant apple varieties at the swiss supermarket retailer Coop. Proceedings 13th IFOAM Scientific Conference, 255-258.
- Yohalem, D. S., E. V. Nordheim und J. H. Andrews, 1996. The effect of water extracts of spent mushroom compost on apple scab in the field. Phytopathology **86**, 914-922.
- Zemmer, F., 2001. Untersuchungen zur keimungshemmenden Wirkung von Schwefelkalk, Kupfer, Schwefel und Ulmasud sowie der kurativen Wirkung von Schwefelkalk beim Apfelschorf, *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter. Diplomarbeit. Universität Innsbruck.
- Zimmer, J., 1997. Versuche zur Schorfbekämpfung 1997. **8.** Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum ökologischen Obstbau, 15-19. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V. (Hrsg.). Weinsberg.
- Zimmer, J., 2000a. Die Wirkungen von Schwefelkalk. Obstbau **25** (4), 255-258.
- Zimmer, J., 2000b. Gezielte Schorfbekämpfung mit Schwefelkalk. Obstbau **25** (5), 293-296.

Conclusion and consequences for the research

At present there are no alternative sprays instead of copper which could be used against apple scab before blossom. Wettable sulphur, another standard fungicide used in the ecological cultivation, is also most ineffective. Rock powder, algal extracts, plant, compost and other organic preparations and substances showed no effect against apple scab or at best like wettable sulphur. The efficiency of wettable sulphur which is not as effective as copper fungicides could be improved only to a low level by the addition of the potential active substances. Because of its phytotoxicity and aggressiveness lime sulphur, which is more effective than wettable sulphur, should be applied only as single sprays – particularly as curative application within heavy infection periods.

It is undisputed, that leaf litter practices can reduce the expenditure of copper and generally of fungicides. In spite of this the growers don't like this method because the treatment of leaf litter does not reduce the number of the protective sprays. Up to now, there is no comparison of all sanitation methods under field conditions. The real reduction of primary scab in the field by the different methods of leaf litter treatment should be researched in „model“ fields.

So far sprays with substances supposed to be important in plant defense mechanisms were not successful. It does not seem to be promising to test further plant extracts and other preparations without calculated continuation. Therefore new concepts and ideas should be supported for the development of new preparations and defense strategies.

The resistance of apple cultivars against scab is studied worldwide and the research should also be important in future. New strategies in breeding are being developed to reduce the problems with loss of resistance. Apple cultivars are required which have a permanent resistance against both scab and powdery mildew. Besides the feature of resistance the cultivars have also to reach the demands of fruit quality for the consumers, the producers and the trade. In the foreseeable future the availability of scab resistant cultivars which meet all these criteria is not expected. The common introduction of new cultivars correlated with a significant reduction of the plant protection treatments has to be considered as a long-term strategy.

In summary, there is no alternative available which is comparable to copper. All described fields of research could serve for the replacement of copper and generally for the fight against apple scab. Under these difficult conditions, success could be only expected in a mean or a long-term basis, if new strategies in basic field research lead to results which are promising approaches for the applied research and growers.

Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
erscheinen seit 1995 in zwangloser Folge.

- Heft 90, 2001: EU-Beurteilungsbericht Thiabendazol. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 24. Bearbeitet von Herbert Köpp und Elke Leske, getr. Zählung.
- Heft 91, 2001: EU-Beurteilungsbericht Fenhexamid. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 24. Bearbeitet von Herbert Köpp und Elke Leske, getr. Zählung.
- Heft 92, 2001: Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel (Stand: 1. Juli 2001). Bearbeitet von Dr. Achim Holzmann, 88 S.
- Heft 93, 2001: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau. PD Dr. habil. Stefan Kühne, Dr. Marga Jahn, Dr. Mario Wick und Dr. Holger Beer, 52 S.
- Heft 94, 2002: EU-Beurteilungsbericht Glyphosat. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 26. Bearbeitet von Dr. Henning Bruno und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 95, 2002: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Fünftes Fachgespräch am 28. Juli 2001 in Kleinmachnow. Hinreichende Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau. Saat- und Pflanzgut für den ökologischen Landbau. Bearbeitet von PD Dr. habil. Stefan Kühne und Britta Friedrich, 177 S.
- Heft 96, 2002: Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel (Stand: 1. Januar 2002). Bearbeitet von Andreas Spinti, 74 S.
- Heft 97, 2002: EU-Beurteilungsbericht 2,4-D. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 27. Bearbeitet von Dr. Martina Erdtmann-Vourliotis und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 98, 2002: NEPTUN 2000 – Erhebung von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands. Dr. Dietmar Roßberg, Dr. Volkmar Gutsche, Dr. Siegfried Enzian und Dr. Mario Wick, 27 S., Anhang.
- Heft 99, 2002: EU-Beurteilungsbericht Thifensulfuron-methyl. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 28. Bearbeitet von Dr. Martina Erdtmann-Vourliotis und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 100, 2002: EU-Beurteilungsbericht Flupyrsulfuron-methyl. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 29. Bearbeitet von Dr. Henning Bruno und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 101, 2002: EU-Beurteilungsbericht *Paecilomyces fumosoroseus*. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 30. Bearbeitet von Dr. Martina Erdtmann-Vourliotis, Dr. Axel Wilkening und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 102, 2002: EU-Beurteilungsbericht Isoproturon. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 31. Bearbeitet von Dr. Henning Bruno und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 103, 2002: Zuständigkeiten bei der Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und bei der EU-Wirkstoffprüfung. Stand: Februar 2002. Bearbeitet von Edelgard Adam, 58 S.
- Heft 104, 2002: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Sechstes Fachgespräch am 26. Juni 2001 in Braunschweig. Abwehr von Wühlmausschäden im ökologischen Landbau. Bearbeitet von Dr. Hans-Joachim Pelz, 109 S.
- Heft 105, 2002: EU-Beurteilungsbericht Acibenzolar-S-methyl. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 32. Bearbeitet von Herbert Köpp und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 106, 2002: EU-Beurteilungsbericht Eisen(III)phosphat. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 33. Bearbeitet von Dr. Martina Erdtmann-Vourliotis, Dr. Axel Wilkening und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 107, 2002: EU-Beurteilungsbericht Ethofumesat. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 34. Bearbeitet von Dr. Martina Erdtmann-Vourliotis und Susanne Schaper, getr. Zählung.
- Heft 108, 2002: EU-Beurteilungsbericht Cyclanilide. Rechtliche Regelungen der Europäischen Union zu Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen. Band D 35. Bearbeitet von Dr. Henning Bruno und Susanne Schaper, getr. Zählung.