

# Verhalten der Fungizide Topas und Score in einer Apfelanlage

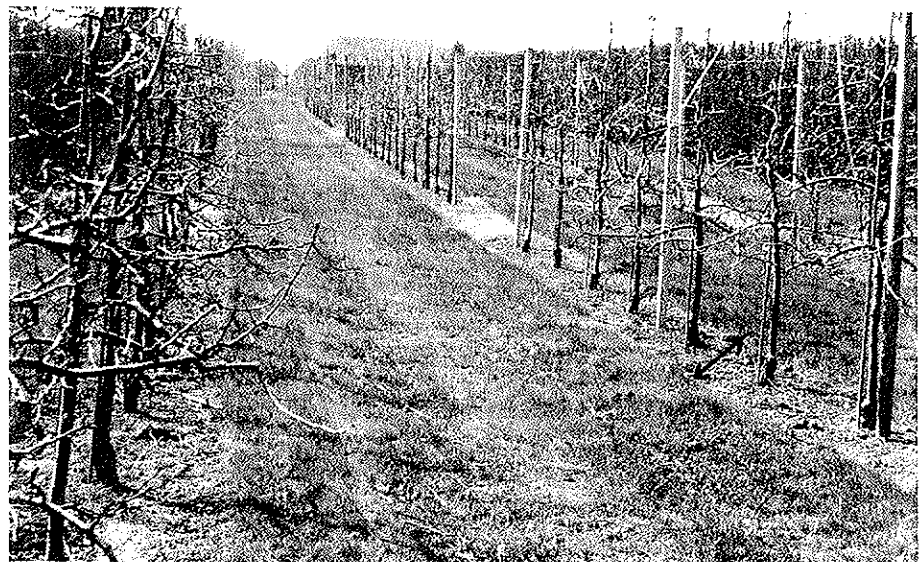
Jacob RÜEGG und Werner SIEGFRIED, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), CH-8820 Wädenswil

**In einer zweijährigen Studie untersuchten wir das Abbauverhalten der zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten eingesetzten Wirkstoffe Penconazol (Topas) und Difenconazol (Score) in einer Apfelanlage. Im begrünnten Fahrstreifen zwischen den Baumreihen haben wir keine oder sehr geringe Rückstände gefunden. Im unbegrünnten Baumstreifen sind die Rückstände etwas höher, es findet jedoch keine sich über die Jahre aufbauende Anreicherung der Wirkstoffe im Boden statt.**

In der integrierten Kernobstproduktion unter mitteleuropäischen Klimabedingungen werden moderne Fungizide bei der Bekämpfung der bedeutsamen Pilzkrankheiten Schorf und Echter Mehltau gezielt eingesetzt. Topas, Wirkstoff Penconazol, und Score, Wirkstoff Difenconazol, sind zwei Vertreter der Gruppe der Sterol-Synthese-Hemmenden Fungizide (SSH-Fungizide). Diese Wirkstoffe dringen in das unverholzte pflanzliche Gewebe ein und hemmen dort das Wachstum der Pilzfäden. Dank dieser Wirkungsweise können diese Produkte nicht nur vorbeugend, wie andere Fungizide, sondern auch rückwirkend, kurz nach einer bereits erfolgten Infektion, eingesetzt werden. Beim Schorfpilz (*Venturia inaequalis*), dem Verursacher der wichtigsten Pilzkrankheit auf Kernobst, ist damit die Möglichkeit gegeben, die Pflanzenschutzbehandlungen dem saisonalen Witterungs- und Infektionsverlauf anzupassen. Kombinierte Mess- und Warngeräte, die in den Obstanlagen installiert sind, helfen den Produzenten zu entscheiden, ob und wann eine Behandlung mit einem SSH-Fungizid durchzuführen ist. Je nach örtlicher und jahreszeitlicher Witterung können mit SSH-Fungiziden, gegenüber rein vorbeugend eingesetzten Wirkstoffen, eine bis drei Fungizidapplikationen pro Saison eingespart werden. Zurzeit sind in der Schweiz mehrere Produkte aus der Gruppe der SSH-Fungizide für den Obstbau bewilligt und empfohlen (Anonym 1995). Um Resistenzerscheinungen vorzubeugen, sind seit 1992 maximal vier Behandlungen pro Jahr bewilligt. Bei SSH-Fungiziden, die auf die pilzspezifische Biosynthese des Ergosterols abzielen, sind keine negativen Nebenwirkungen gegenüber Vögeln, Insekten, Raubmilben, Regenwürmern und andern Bodenlebewesen be-

kannt. Von der Wirkung, der Toxikologie und der Umweltverträglichkeit her erfüllen SSH-Fungizide hohe Anforderungen. Dazu gehört beispielsweise, dass Wirkstoffe heutiger Pflanzenschutzmittel grundsätzlich nicht persistent<sup>1</sup> sein dürfen (Anderson *et al.* 1992). Eine über die Jahre entstehende Anreicherung eines Wirkstoffes im Boden nach wiederholter Anwendung, wie dies bei älteren Fungiziden auf der Basis von Kupfer der Fall ist, darf bei modernen Pflanzenschutzmitteln nicht auftreten. Laborstudien können erste Hinweise über die Abbaubarkeit einer Substanz im Boden geben. Wie eine Substanz sich aber im biologisch aktiven, durchwurzelten Boden verhält, lässt sich erst anhand praxisnaher Feldversuche beurteilen.

<sup>1</sup>Beständig gegenüber chemischem und mikrobiologischem Abbau.



**Teilansicht dreier Versuchspartzellen in einer Apfelanlage auf dem Versuchsbetrieb der Eidgenössischen Forschungsanstalt Wädenswil in Güttingen. Im März sind die Bäume noch unbelaubt. Der Boden zwischen den Baumreihen bleibt das ganze Jahr durch einen periodisch gemulchten Rasen bedeckt. Der schmale, grasfreie Streifen unterhalb der Baumkronen ist mit einem schwarzen Pfeil gekennzeichnet. Die Obstanlage wird praxismässig bewirtschaftet.**

## Praxisnahe Feldversuche

Ergänzend zu zahlreichen Firmenstudien (Diriwächter 1994) hat die Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil auf ihrem obstbaulichen Versuchsbetrieb bei Güttingen am Bodensee von 1991 bis 1993 in einer Apfelanlage das Abbauverhalten von Topas C und Score 10 WP untersucht. Zu neun aufeinanderfolgenden Zeitpunkten von Oktober 1991 bis Oktober 1993 wurden Bodenproben gezogen (Abb. 1 und 2). Die Proben, bestehend aus 30 Einstichen pro Versuchspartzelle, hat man direkt im grasfreien Baumstreifen unterhalb der Bäume entnommen. Da bei Penconazol und Difenconazol sowie auch bei andern SSH-Wirkstoffen bekannt ist, dass sie im Boden in den obersten Schichten adsorbiert werden, wurden die Proben nur bis zu einer Tiefe von 10 cm gestochen (Gottesbueren *et al.* 1992; Diriwächter 1994). Bei den ersten vier Probenahmen in den Jahren 1991 und 1992 hat man auch in der begrünnten Fahrgasse zwischen den Baumreihen Grasproben und Bodenproben unterhalb der Grasschicht entnommen. Alle Probenahmen wurden in dreifacher Wiederho-

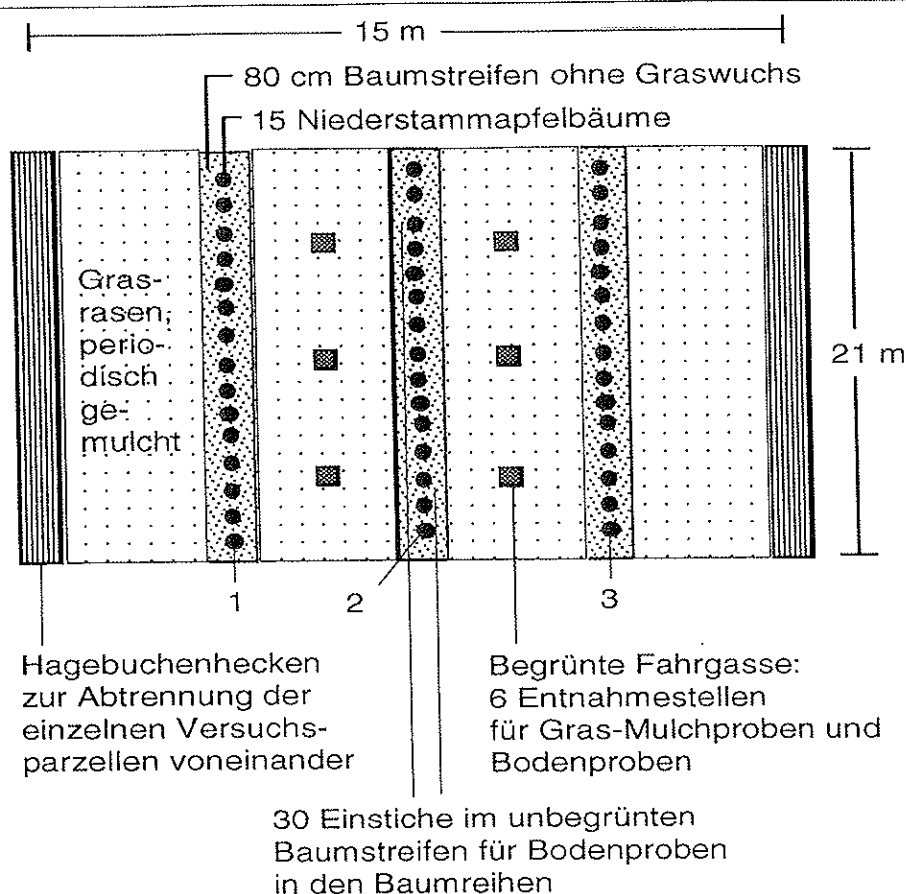
lung in verschiedenen Parzellen derselben Apfelanlage durchgeführt. Anschliessend hat man die Proben bei -20 °C gelagert und später im Rückstandslabor der Firma Ciba-Geigy in Basel analysiert. Diese Studie ist Teil eines Langzeitversuches, in welchem, neben rein vorbeugend wirkenden Fungiziden, seit 1986 SSH-Fungizide appliziert werden.

## Gras als Grenzschicht

Die Resultate in Tabelle 1 zeigen, dass die Rückstandswerte für Penconazol und Difenconazol im begrüntem Boden sehr gering oder nicht nachweisbar waren. Lediglich am 18. Juni 1992 waren für Difenconazol stark erhöhte Werte feststellbar. Diese rühren daher, dass bei der Applikation von Score 10 WP am 10. Juni 1992 irrtümlicherweise eine zu konzentrierte Brühe verwendet wurde. Dieser Fehler bei der Behandlung der Bäume mit Score zeigt sich auch in erhöhten Rückstandswerten von Difenconazol auf dem Gras. Im übrigen veranschaulichen die Daten in Tabelle 1 jedoch deutlich, dass durch die Grasschicht hindurch kaum Rückstände der Wirkstoffe in den Boden unterhalb der Gras-Mulchdecke gelangen. Gemäss den Richtlinien der Integrierten Obstproduktion soll der grasfreie Baumstreifen unterhalb der Bäume nicht breiter als 80 cm sein. Daraus ergibt sich, dass etwa 85 % der gesamten Bodenfläche einer Apfelanlage durch periodisch gemulchtes Gras bedeckt sind. Auf diese Grasschicht gelangt je nach Entwicklungsstadium der Bäume und angewandter Applikationstechnik ein mehr oder minder grosser Teil des ausgebrachten Pflanzenschutzmittels. Die Rückstände auf dem Gras werden aber im Zeitraum von der letzten SSH-Applikation bis zum Blattfall vor allem unter dem Einfluss des Lichtes auf sehr tiefe Werte abgebaut. Ende Oktober 1991 waren die Rückstandswerte auf dem Gras etwas höher als Ende Oktober 1992. Dies erklärt sich damit, dass 1991 sieben mal SSH-Fungizide appliziert wurden, während es 1992 nur vier Behandlungen waren (Abb. 2).

## Was geschieht im nicht begrüntem Boden?

Im nicht begrüntem Bodenstreifen unterhalb der Baumkronen stiegen die Rückstandswerte als Folge von vier aufeinanderfolgenden SSH-Fungizidbehandlungen wie erwartet kurzfristig an. Aufgrund



Apfelsorten: 1 Golden Delicious, 2 Jonathan, 3 Gravensteiner

Abb. 1. Versuchspartizelle in einer Apfelanlage in Güttingen mit den Entnahmestellen für die Gras-Mulchproben, die Bodenproben in der begrüntem Fahrgasse und die Bodenproben im unbegrünten Baumstreifen.

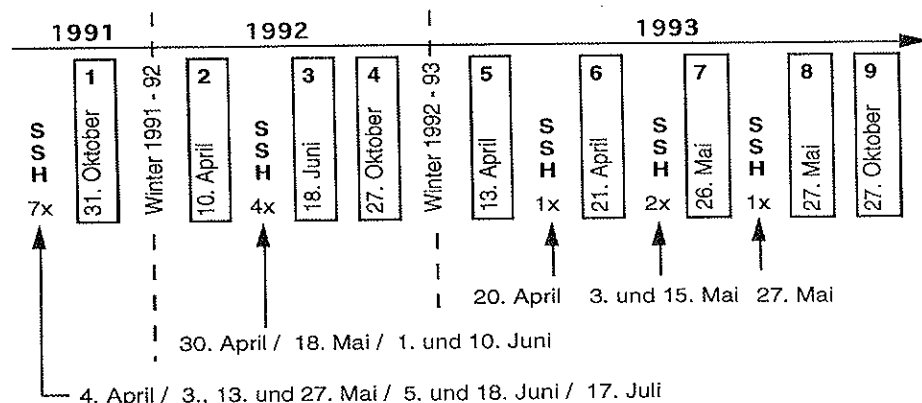


Abb. 2. Anzahl und Datum der Pflanzenschutzbehandlungen mit den SSH-Fungiziden Topas C (Wirkstoffe Penconazol und Captan) und Score 10WP (Wirkstoff Difenconazol) sowie Zeitpunkte (in Kästchen) der insgesamt neun Probenahmen von Boden zur Untersuchung von Rückständen in einer Apfelanlage bei Güttingen.

mehrfähriger Versuche mit verschiedenen Applikationsgeräten und Belagsmessungen in dieser und ähnlichen Apfelanlagen lässt sich annähernd berechnen, wieviel von der ausgebrachten Wirkstoffmenge als Ablagerung auf und im Boden zu erwarten ist (Raisigl *et al.* 1991; Rüeegg *et al.* 1992; Siegfried und Holliger 1994). Durch vier Applikationen von Topas C beziehungsweise Score 10 WP zwischen April und Mai/Juni wird insgesamt mit einer Menge

von 0,07 mg/ kg trockene Erde in den obersten 10 cm Boden gerechnet (Rüeegg und Siegfried 1996). Die Ergebnisse in Abbildung 3 zeigen für 1993, dass eine Zunahme in dieser Grössenordnung von der Probenahme Nr. 5 bis zur Probenahme Nr. 8 sowohl für Penconazol wie für Difenconazol tatsächlich eintrat. Die berechnete und die im Feld ermittelte Zunahme stimmen gut überein. Auch 1992 war die Übereinstimmung von berechnetem und

**Tab. 1. Rückstände der SSH-Fungizidwirkstoffe Difenoconazol und Penconazol** während und am Ende der Vegetationsperiode auf dem Gras und im Boden unter dem Rasen in der Fahrgasse zwischen den Apfelbaumreihen in einer Obstanlage in Güttingen. Mittelwerte und Standardabweichungen. (n = 3) in Milligramm pro kg Gras und Mulch beziehungsweise pro kg trockener Boden.

	Jahr	1991		1992		
		Datum der Probenahme	31. Oktober	10. April	18. Juni	27. Oktober
Penconazol	Gras zwischen den Baumreihen		0,06 ± 0,04	0,02 ± 0,00	0,43 ± 0,07	<0,02
	Boden unter dem Rasen		<0,02	<0,02	0,02 ± 0,01	<0,02
Difenoconazol	Gras zwischen den Baumreihen		0,12 ± 0,05	0,11 ± 0,02	6,46 ± 0,84	0,04 ± 0,01
	Boden unter dem Rasen		0,02 ± 0,00	<0,02	0,16 ± 0,05	0,04 ± 0,01

gefundenem Wert für Penconazol gut. Der Gehalt an Difenoconazol war im unbegrünten Boden zwischen der Probenahme Nr. 2 und Probenahme Nr. 3 jedoch deutlich höher als erwartet. Dies ist auf einen Fehler beim Applizieren von Score 10 WP am 10. Juni 1992 zurückzuführen. Unmittelbar nach der letzten der vier SSH-Behandlungen waren die Wirkstoffgehalte im Boden jeweils am höchsten. Bis zur letzten Probenahme Ende Oktober fand ein deutlicher Abbau der Wirkstoffe statt. Dieser Abbau wird an der Bodenoberfläche durch Einwirkung von Licht und im Boden vor allem durch die Mikroorganismen verursacht. Der mikrobiologische Abbau im Boden wird durch tiefe Temperaturen und/oder trockene Bedingungen eingeschränkt. Langjährige Erfahrungen zeigen, dass in Güttingen die Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe nur während drei Monaten pro Jahr unter 5 Grad C sinken und lange Austrocknungsperioden kaum auftreten. Somit geht auch nach Ende Oktober der mikrobiologische Abbau noch einige Wochen weiter. Bei Temperaturen unter 5 Grad C ist davon auszugehen, dass kein oder nur noch ein sehr geringer mikrobiologischer Abbau im Boden stattfindet. Zwischen der Probenahme Nr. 4 im Herbst 1992 und der Probenahme Nr. 5 im Frühling 1993 gab es über 70 Tage mit Bodentemperaturen über 5 °C. In dieser Zeit fielen insgesamt 369 mm Niederschlag. Diese Witterungsbedingungen haben wahrscheinlich dazu beigetragen, dass der Gehalt von Difenoconazol im unbegrünten Boden vom 27. Oktober 1992 bis zum 13. April 1993 stark abgenommen hat. In derselben Periode im Vorjahr lagen die Rückstandswerte bereits im Oktober um 0,10 mg/kg Boden und änderten sich bis im Frühling nicht mehr signifikant (Abb. 3). Besonders bemerkenswert ist, dass im Herbst 1993, also am Ende der Studie, die Rückstandswerte sowohl für Penconazol

wie auch für Difenoconazol auf gleich tiefem Niveau lagen wie zu Beginn der Studie im Oktober 1991 (Abb. 3).

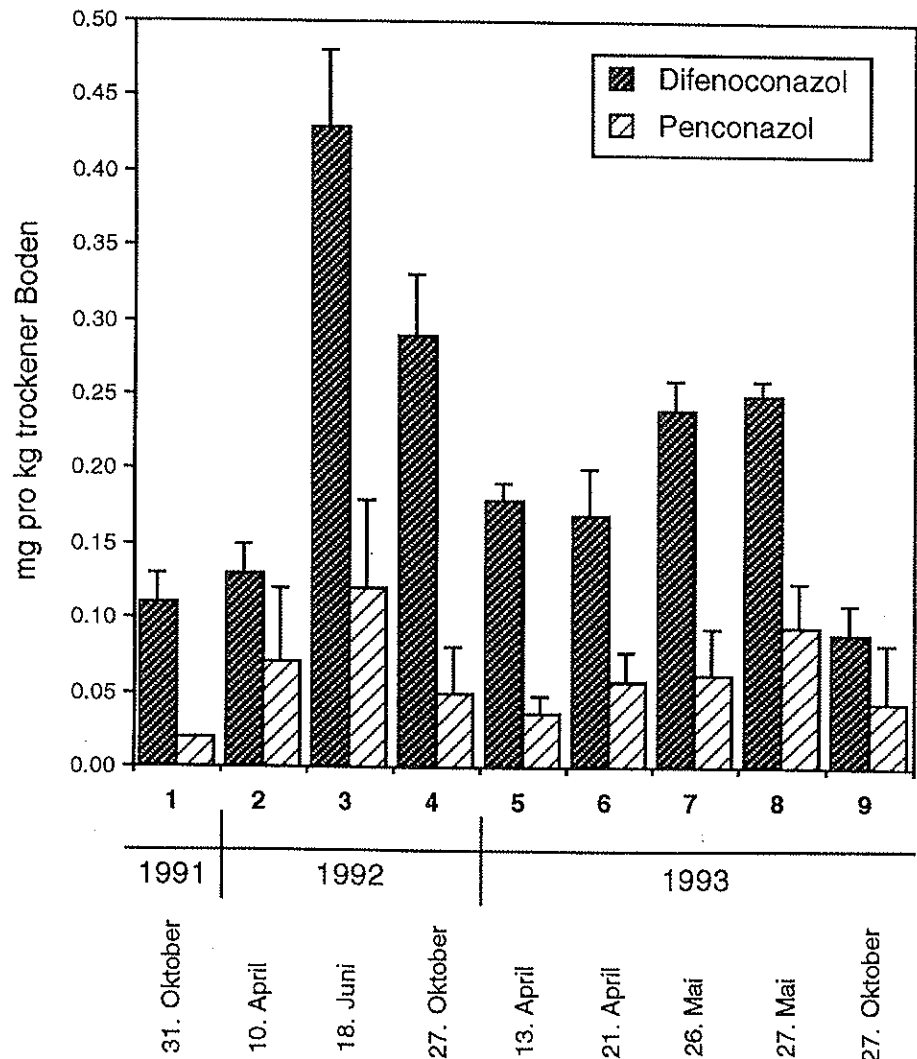
### Folgerungen

Beim fachgerechten Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln in einer Apfelanlage

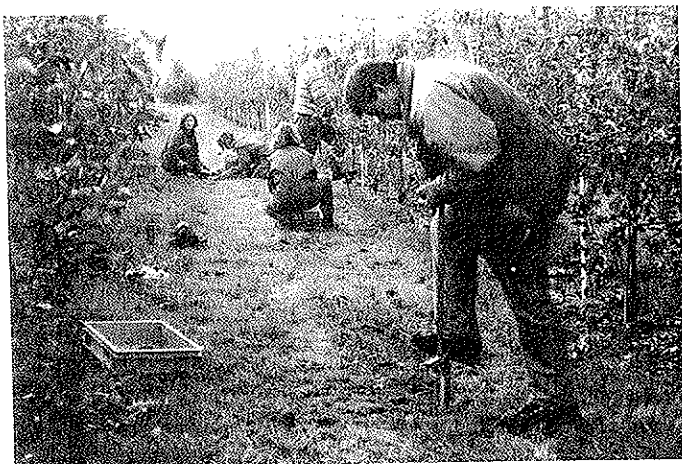
lage soll ein möglichst grosser Teil der Wirkstoffmenge auf die zu behandelnden Bäume gelangen. Je nach Entwicklungsstadium der Bäume und verwendeter Applikationstechnik gelangt aber auch ein gewisser Teil der Wirkstoffe auf den Boden.

Etwa 85 % der gesamten Bodenfläche in einer nach den Richtlinien der Integrierten Obstproduktion bewirtschafteten Apfelanlage ist durch einen periodisch gemulchten Grasbewuchs bedeckt. Im Boden unter dieser Grasdecke werden keine nachweisbaren oder sehr tiefe Rückstandswerte der fungiziden Wirkstoffe Penconazol (Topas C), und Difenoconazol (Score 10 WP) festgestellt. Auf der Grasdecke und im Mulch treten kurzfristig höhere Rückstände auf. Diese werden aber während dem Sommer und Herbst nahezu vollständig abgebaut.

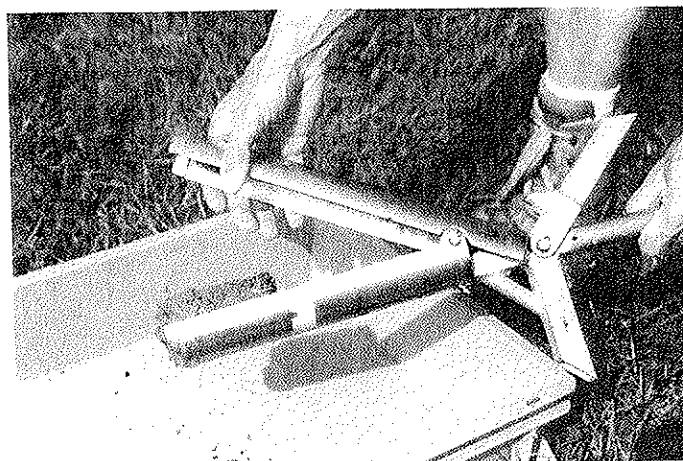
Im unbegrünten Bodenstreifen unterhalb der Baumkronen, welcher etwa 15 % der Gesamtfläche ausmacht, werden hö-



**Abb. 3. Rückstände der SSH-Fungizidwirkstoffe Difenconazol und Penconazol** in den obersten 10 cm des unbegrünten Bodens innerhalb der Baumreihen bei neun aufeinanderfolgenden Probenahmen in einer Apfelanlage in Güttingen. Die T-Balken über den Säulen geben die Standardabweichungen der Mittelwerte an (n = 3).



An sechs Stellen pro Versuchspartizelle wurden Gras- und Mulchproben genommen. Gleichzeitig gewann man mit Hilfe des Probenstechers Erdproben vom Boden unter dem Rasen und Erdproben aus dem unbegrüntem Baumstreifen unterhalb der Baumkronen.



Die Bodenproben wurden mit einem zylindrischen Probenstecher mit einem Innendurchmesser von 6 cm bis auf eine Tiefe von 10 cm gestochen. Innerhalb einer Versuchspartizelle ergaben jeweils 30 Einstiche im Boden unter dem Gras beziehungsweise im unbegrüntem Baumstreifen eine Probe.

here Rückstände der Wirkstoffe Penconazol und Difenoconazol gefunden als im begrüntem Boden ausserhalb des Baumstreifens. Bei korrekter Applikation der SSH-Fungizide Topas und Score stimmen die durch Berechnung vorausgesagten und die tatsächlich gefundenen Zunahmen der Rückstände im Boden zwischen Frühling und Frühsommer gut überein. Nach der letzten von vier SSH-Fungizidapplikationen im Frühsommer findet durch mikrobielle Prozesse ein Abbau der Rückstände auf tiefe Werte statt.

Die Untersuchungen zeigen, dass bei einer korrekten Anwendung von SSH-Fungiziden eine über Jahre sich aufbauende Anreicherung der Wirkstoffe Penconazol und Difenoconazol im Boden nicht stattfindet.

#### LITERATUR

Anderson J.P.E., Arnold D.J., Lewis F. and Torstenson L., 1992. Proceedings of the International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology, 17-21 August 1992 in Sigtuna, Sweden. Department of Microbiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Anonym, 1995. Pflanzenschutzempfehlungen für den Erwerbsobstbau 1995. Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, CH-8820 Wädenswil.

Diriwächter G., 1994. Persönliche Mitteilungen und unveröffentlichte Daten. Ciba-Geigy, Basel, Schweiz.

Gottesbueren B., Pestemer W., Kreuzig G. and Ebing W., 1992. The pesticide residue situation in the soil when applying winter wheat winter barley sugar beet crop rotation according to different cropping concepts. *Ber. Landwirtschaft.* 70 (2), 259-279. Bundesanstalt Land- und Forstwirtschaft, W-1000 BERLIN 33, Germany.

Raisigl U., Felber H., Siegfried W. and Krebs Ch., 1991. Comparison of different mistblowers and volume rates for orchard spraying. In: Air-Assisted Spraying In Crop Protection, *BCPC Mono. No. 46*, 185-196.

Rüegg J., Siegfried W. and Schüepp H., 1992. Calculated and Actual Residues of Difenoconazole and Penconazole in an Apple Orchard in Northeastern Switzerland. Proceedings of the International Symposium on Environmental Aspects of Pesticide Microbiology, 17-21 August 1992 in Sigtuna, Sweden. Department of Microbiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Rüegg J. and Siegfried W., 1996. Residues of difenoconazole and penconazole on apple leaves and grass and soil in an apple orchard in northeastern Switzerland. *Crop Protection*, in press.

Siegfried W. und Holliger E., 1994. Ausbringungstechnik im Obstbau. *Besseres Obst* 10-11, 10-14.

#### DANK

Alle Rückstandsanalysen wurden im Rückstandslabor der Firma Ciba-Geigy in Basel durchgeführt. Unser Dank gilt den Herren H. Kühne, G. Diriwächter sowie ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

#### RÉSUMÉ

#### Dégradation des fongicides Topas et Score dans un verger

Dans un verger du nord-est de la Suisse, on a étudié les résidus dans le sol de penconazole, matière active de Topas, et de difenoconazole, matière active de Score. L'étude s'est déroulée entre octobre 91 et 93. Environ 85 % de la surface totale du sol était couverte d'un gazon tondu et mulché régulièrement. Le pen-

conazole et le difenoconazole se sont bien dégradés sur le gazon. Les résidus dans le sol sous l'herbe étaient soit très bas soit non détectables. Dans le sol nu, directement sous les arbres, la teneur des résidus était la plus haute immédiatement après les quatre applications consécutives de Topas ou Score. A la fin d'octobre 1993, les substances actives restantes avaient une valeur basse comprise entre 0,04 et 0,10 mg/kg de sol sec. Le même niveau bas avait déjà été trouvé au commencement de cette étude en octobre 1991. On n'a pas constaté d'accumulation de résidus dans le sol à la fin des deux années.

#### SUMMARY

#### Degradation of the fungicides Topas and Score in an orchard

In an apple orchard in Northeastern Switzerland residues of penconazole, active ingredient of Topas, and difenoconazole, active ingredient of Score, were monitored in the soil from October 1991 till October 1993. Approximately 85 % of the total soil surface was covered by a permanent and periodically mulched grass sward. Penconazole and difenoconazole degraded readily on the grass sward and residues in the soil below the grass sward were very low or not detectable. In the bare soil strip below the trees residues were highest in early summer immediately after four consecutive sprays with Topas or Score. By the end of October 1993 the remaining residues were very low with values between 0.04 and 0.10 mg per kg dry soil. The same level of low residues had already been found two years earlier in October 1991. No build-up of residues in the soil over the years was observed.

**KEY WORDS:** Score, Topas, DMI, residues, degradation in soil, apple orchard