

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe Chemische Mittelprüfung¹), und Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau²), Braunschweig

Untersuchungen zur Belastung von Gewächshausluft mit Dichlofluanid und Endosulfan nach Pflanzenschutzmittelanwendungen in Gurken und Chrysanthemen

Investigations on dichlofluanid and endosulfane in greenhouse air after pesticide application in cucumbers and chrysanthemums

Von J. Siebers¹), S. E. Smolka²) und H.-G. Nolting¹)

Zusammenfassung

In einem Gewächshaus wurden in vier Versuchen nach Anwendung von *Thiodan 35 flüssig* und *Euparen WG* in Gurken und Chrysanthemen drei Tage hindurch die Konzentrationen von Endosulfan und Dichlofluanid in der Gewächshausluft gemessen. Die Konzentrationen in der ersten Stunde nach der Applikation lagen zwischen 24 und 44 µg/m³ für Endosulfan und zwischen 3,7 und 13 µg/m³ für Dichlofluanid. Nach einer anfänglichen Abnahme war der Konzentrationsverlauf abhängig von der Lüftung und Temperatur und stieg teilweise auf mehr als 50 % der Anfangskonzentration an. Am dritten Tag nach der Applikation betrug die Maximalwerte für Endosulfan 5,3 µg/m³ und für Dichlofluanid 3,5 µg/m³.

Abstract

Four experiments in a greenhouse have been performed to study the concentration of endosulfane and dichlofluanid in air over three days after application of "Thiodan 35 flüssig" and "Euparen WG" in cucumbers and chrysanthemums. One hour after application the concentrations ranged from 24 to 44 µg/m³ for endosulfane and from 3.7 to 13 µg/m³ for dichlofluanid. After a dissipation period of some hours the concentration was dependent on ventilation and temperature and increased partly to more than 50 % of the initial concentration. During the third day the maximum values were 5.3 µg/m³ for endosulfane and 3.5 µg/m³ for dichlofluanid.

1 Einleitung und Problemstellung

Neben der Applikation stellen nachfolgende Arbeiten im Rahmen der Pflege und Beerntung der Kulturpflanzen Gefährdungsmöglichkeiten bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln dar. Die Risiken für den Anwender waren bereits Gegenstand intensiver Forschungen, deren Ergebnisse in einem Anwenderschutzkonzept aufgenommen wurden (LUNDEHN et al., 1992; Biologische Bundesanstalt, 1993). Dagegen fand die Problematik der Gefährdung bei nachfolgenden Kulturarbeiten bisher weniger Beachtung. Bei dieser Problematik sind Arbeiten in Gewächshausanlagen als kritischer einzustufen als Freilandarbeiten, da im Gewächshaus der Abtransport verdunsteter Pflanzenschutzmittel eingeschränkt ist und insbesondere im Zierpflanzenbau unter Glas mit hohen Oberflächenrückständen zu rechnen ist. Neben der dermalen Exposition, die bei der Erarbeitung von Sicherheitszeiten für das

Wiederbetreten von behandelten Pflanzenbeständen diskutiert wird (BANASIAK et al., 1993; GOEDICKE et al., 1989), ist die inhalative Exposition von Bedeutung. Zu dieser Thematik liegen nur wenige Untersuchungen vor (VAN HEMMEN et al., 1994). Insbesondere fehlen Informationen zum Konzentrationsverlauf von Wirkstoffen bzw. Metaboliten in der Gewächshausluft nach Pflanzenschutzmittelanwendungen. Mit der vorliegenden Arbeit sollen Daten zur inhalativen Exposition von Personen, die in Gewächshäusern Pflege- und Erntearbeiten in behandelten Kulturen leisten, vorgestellt werden. Eine toxikologische Bewertung ist nicht Ziel dieser Publikation und muß an anderer Stelle durchgeführt werden. Als Modellpflanzen wurden Chrysanthemen wegen der großen wirtschaftlichen Bedeutung im Zierpflanzenbau gewählt. Außerdem wurden Versuche mit Gurken als großblättriger, raumfüllender Kultur durchgeführt.

Als Wirkstoffe wurden Endosulfan und Dichlofluanid eingesetzt. Endosulfanhaltige Pflanzenschutzmittel haben große Bedeutung im Chrysanthemenanbau (KLEINEKE-BORCHERS, 1991), dichlofluanidhaltige Pflanzenschutzmittel werden im Gurkenanbau eingesetzt. Mit Dampfdrucken bei 20 °C von 1·10⁻⁷ hPa für Dichlofluanid, 2·10⁻⁵ hPa für α-Endosulfan und 9·10⁻⁷ hPa für β-Endosulfan (CLAUSSEN, 1994) liegen die Verbindungen in dem für die meisten Pflanzenschutzmittelwirkstoffe typischen Bereich von 10⁻⁴–10⁻⁸ hPa (BOEHNCKE et al., 1989).

Die Untersuchungen wurden jeweils zu zwei Terminen durchgeführt, um unterschiedliche Klimasituationen mitzufassen.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsanlage

2.1.1 Gewächshaus

Die Versuche wurden in einem Gewächshaus (Erdhaus) mit einer Bruttogrundfläche von 197 m² (bepflanzbarer Boden 166 m²) und einem Volumen von 816 m³ durchgeführt. Die Luftaustauschrate beträgt bei geschlossener Lüftung ca. 1 pro Stunde. Bei geöffneter Lüftung liegt sie je nach Windverhältnissen zwischen 30 und 50 pro Stunde. Die Hälfte der Fläche des Hauses wurde für die Chrysanthemen- und die andere Hälfte für die Gurkenkultur verwendet. Dabei erfolgte die

Unterteilung in der Weise, daß die Chrysanthemen nicht von den Gurken beschattet wurden.

2.1.2 Gurkenkultur

Die Aussaat der Treibgurken-Hybriden 'Tyria' und 'Corona', die in einer Mischung verwendet wurden, erfolgte in zwei Sätzen am 25. Februar bzw. 16. Juni 1993. Am 8. März bzw. 23. Juni wurden die Pflanzen getopft und am 30. März bzw. 14. Juli in 6 Reihen (je 19 Pflanzen) mit einem Abstand von 1,5 m zwischen den Reihen in das Erdhaus gepflanzt. Die Pflanzenabstände innerhalb der Reihen betragen 50 cm.

Die Gurken wurden praxisüblich gedüngt. Als Pflanzenschutzmaßnahmen wurde im 1. Satz am 29. März Decis gegen Thripse und am 29. April Bayfidan *spezial WG* gegen Mehltau appliziert. Der 2. Satz wurde am 20., 27. und 30. Juni mit *Bladafum II* gegen Thripse und am 3. August mit *Bayfidan spezial WG* behandelt. Die Thripsbekämpfung erfolgte außerdem ab dem 15. April bzw. 4. August mit Raubmilben (*Amblyseius spp.*) in 14tägigen Intervallen.

2.1.3 Chrysanthemenkultur

Zugekaufte Jungpflanzen der *Chrysanthemum-indicum*-Hybride 'Target' wurden am 1. April bzw. 22. Juni 1993 in 4 Beete mit jeweils 8 Reihen und 64 Pflanzen pro Reihe gepflanzt (Abstand zwischen den Beeten 90 cm). Als Stütze wurde ein Chrysanthemennetz mit einer Maschenweite von 12,5 × 12,5 cm verwendet. Zur Blüteninduktion erfolgte ab dem 19. April bzw. 19. September 1993 bis zum Versuchsende jeweils zwischen 15.00 und 7.30 Uhr eine Verdunklung mit schwarzer Folie, die in einer Höhe von 1,4 m über den Bestand gezogen wurde.

Die Düngung erfolgte praxisüblich. Da die Thripse von den Gurken auch auf die Chrysanthemen übergingen und die Gurken von hier aus wieder befallen wurden, erfolgte die Bekämpfung mit *Bladafum II* und Raubmilben, wie oben beschrieben, in beiden Kulturen.

2.1.4 Klimaführung und Bewässerung

Die Versuche wurden bei einem Heiztemperatursollwert von 19°C durchgeführt. Bei Temperaturen ab 22°C wurde über Dachklappe und ab 23°C zusätzlich über Seitenklappen belüftet. Die relative Feuchte schwankte zwischen den Extremwerten von 33% am Tag und 93% nachts. Die mittlere Feuchte lag im ersten Versuch jeweils etwas niedriger als im zweiten Versuch. Während eine Schattierung der Chrysanthemen nach dem Anwachsen nicht mehr erfolgte, wurden die Gurken oberhalb einer natürlichen Einstrahlung von 40 klx schattiert; eine Öffnung erfolgte wieder bei 25 klx. Fühler für Feuchte und Temperatur waren in gleicher Höhe im bzw. über dem Pflanzenbestand angebracht wie die Sammelpumpen für die Luftmessungen. Die Klimasteuerung erfolgte mittels Prozeßrechner. Die Meßwerte für Feuchte, Temperatur und Öffnungsgrad der Lüftungsklappen wurden zentral erfaßt und gespeichert (s. Abb. 1).

Die Wasserversorgung erfolgte nach Bedarf von unten über mit Pralldüsen ausgestattete Düsenstränge.

2.2 Applikation

Am 15. Juni 1993 und 31. August 1993 wurde *Euparen WG* (Wirkstoff: 515 g/kg Dichlofluanid) mit einer Gloria/BASF-Rückenspritze und Hohlkegeldüsen in der Zeit von 6.25–6.47 Uhr bzw. 7.45–8.05 Uhr ausgebracht. Der Mittelaufwand betrug 2,4 kg/ha für Gurken und Chrysanthemen, der Wasseraufwand jeweils 1200 l/ha. Die Mittelkonzentration war 2 g/l. Die Applikation von *Thiodan 35 flüssig* (Wirkstoff: 352 g/l

Endosulfan, α - und β -Isomere) erfolgte am 24. Mai 1993 und 5. Oktober 1993 von 6.44–7.05 Uhr bzw. 7.28–8.08 Uhr mit einem Mittelaufwand von 1,2 l/ha und einem Wasseraufwand von 1200 l/ha. Die Mittelkonzentration betrug 0,1%.

2.3 Probenahme

Zur Bestimmung der Wirkstoffkonzentrationen in der Luft wurde jeweils eine Stunde lang Luft mit einer zeitprogrammierbaren Sammelpumpe (Aircheck Sampler, Fa. SKC, Model 224-PCEX R7) durch ein Tenax-Adsorptionsröhrchen (Best.-Nr. 266-35, Fa. SKC, Bezugsquelle: Fa. MTC, Müllheim) gesaugt. In den Adsorptionsröhrchen sind zwei durch Polyurethanschaum getrennte Tenax-Adsorptionsschichten von 30 mg und 15 mg eingeschmolzen. Die zweite Schicht dient zur Kontrolle des Wirkstoffdurchbruchs. Vor der ersten Tenax-Schicht befindet sich Glaswolle. Die Enden der Glasrohre wurden unmittelbar vor jeder Messung aufgebrochen.

Bei einigen Messungen wurden außerdem Tenax-Adsorptionsröhrchen mit Glasfaservorfilter der Porengröße 1 μ m (Best.-Nr. 226-56, Fa. SKC, Bezugsquelle: Fa. MTC, Müllheim) eingesetzt. Zur Messung in zwei Höhen (1,0 m und 1,6 bzw. 1,7 m) waren die Röhrchen über ein Verzweigungsstück mit Butylschlauch an die Pumpe angeschlossen. Der Durchfluß wurde unmittelbar vor und nach jeder Messung neu bestimmt (404–962 ml/min) und daraus das Sammelvolumen errechnet. Nach der Messung wurden die Adsorptionsröhrchen mit Kappen verschlossen, zunächst gekühlt aufbewahrt und nach dem Transport ins Labor bei -18°C gelagert. Die erste Messung begann direkt nach Ende der Applikation. Die weiteren Messungen begannen jeweils 60 min nach dem Ende der vorhergehenden Messung. In den Nachtstunden des dreitägigen Meßzeitraums wurden bis zu drei Messungen ausgelassen. Beim Öffnen der Abdeckfolie für Chrysanthemen wurden abweichend von dem beschriebenen Vorgehen anstelle einer 60-Minuten-Probenahme zwei Probenahmen von 10 min bzw. 15 min durchgeführt.

2.4 Analytik

Zur Extraktion des Adsorptionsmaterials wurden die Glaswolle und die Verschlußkammer mit einem geeigneten Werkzeug (z. B. Supelco, Cat. No. 2-2406, Glaswool puller) entfernt und die beiden Tenax-Schichten getrennt in zwei 4-ml-Glasgefäße gegeben, die mit teflonbeschichteten Schraubdeckeln verschließbar waren. Die Glaswolle und die erste Schicht wurden nach Zugabe von 2 ml n-Hexan (Endosulfan) bzw. Aceton (Dichlofluanid) 5 min mit einer Schüttelmaschine (Fa. GCF, Typ 3015) geschüttelt. Anschließend wurde über einen im Soxhlet mit Hexan/Aceton gereinigten Faltenfilter in ein Spitzröhrchen filtriert und mit etwas n-Hexan bzw. Aceton nachgewaschen. Als interner Standard wurde Aldrin bei den Endosulfan-Proben und Tolyfluanid bei den Dichlofluanid-Proben zugegeben, die Lösung im Stickstoffstrom bei 35°C vorsichtig eingeeengt (Sillitherm, Fa. Pierce Chemical) und in 1 ml n-Hexan aufgenommen (SZYCH, 1993).

Die Messung der Extrakte erfolgte an einem HP-5890A-Gaschromatographen mit Elektroneneinfangdetektor. Integrator: HP 3396, Series II, gekoppelt mit Peak 96 Chem Station HP 3365 (Fa. Hewlett Packard). Säule: HP 1, cross-linked, 25 m Länge, 0,32 mm i. D., 0,17 μ m Schichtdicke. Trägergas: Helium 2,5 ml/min; Spülgas: Stickstoff 60 ml/min; Injektion: 1 μ l, Splitless, 0,6 min mit Autosampler HP 7573A (Fa. Hewlett Packard). Temperaturprogramm: 110°C, mit 20°C/min auf 160°C, mit 10°C/min auf 190°C, 3 min halten, mit 20°C/min auf 280°C.

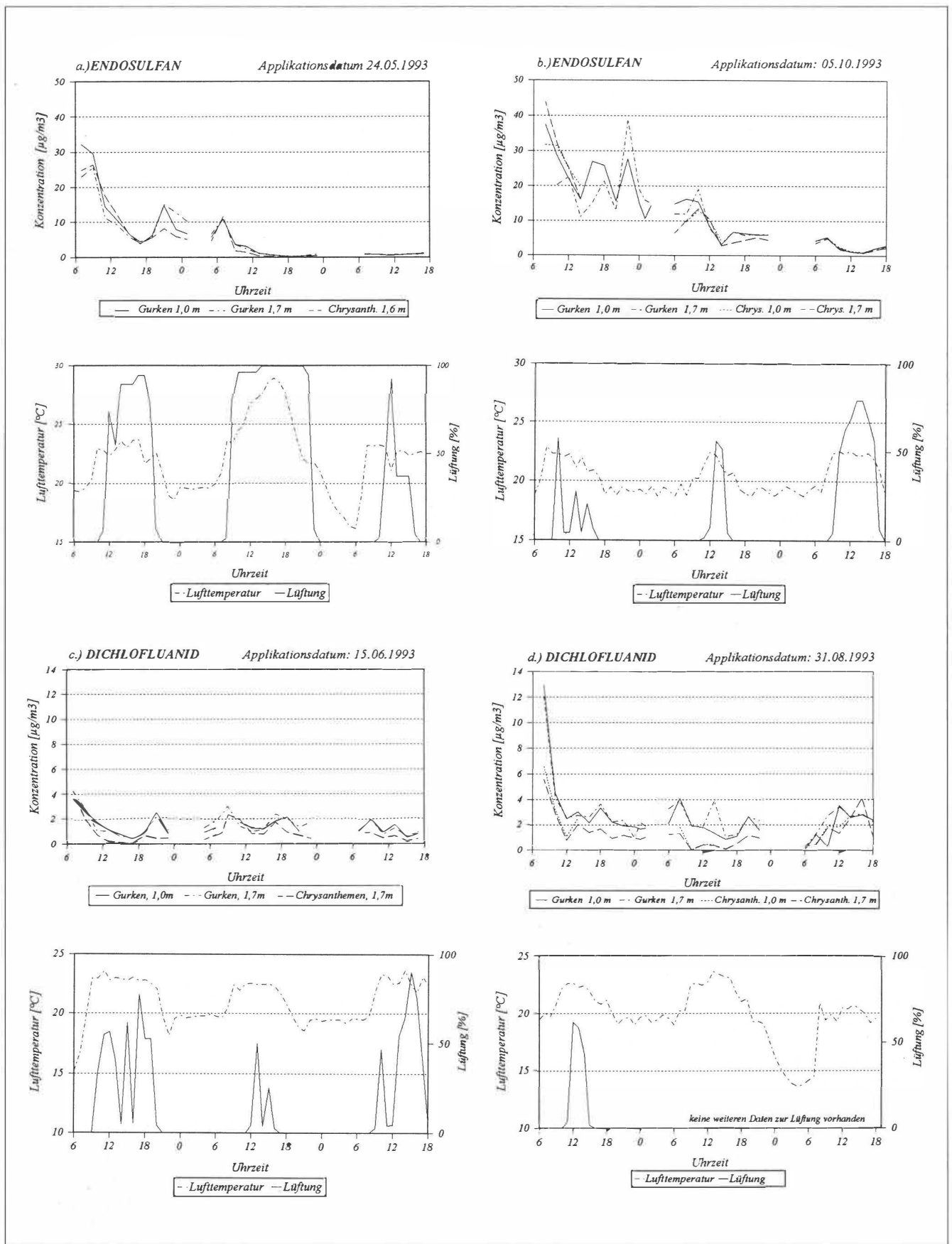


Abb. 1. Konzentrationsverlauf von Endosulfan (Summe $\alpha + \beta$) und Dichlofluand in der Gewächshausluft in verschiedenen Höhen nach Anwendung von Thiodan 35 flüssig bzw. Euparen WG in Gurken und Chrysanthemen sowie Verlauf der Lüftung (Dachklappen) und der Lufttemperatur in 1,7 m Höhe (im Gurkenbestand).

Die Auswertung erfolgte mit der Methode des internen Standards. Bei der Analyse unbehandelter Kontrollproben, die vor der Applikation genommen wurden, lagen die Blindwerte unterhalb der Nachweisgrenze von $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Standardsubstanzen wurden von der Fa. Riedel de Haen (Aldrin), der Fa. Hoechst (Endosulfan, Endosulfansulfat) bzw. der Fa. Bayer (Dichlofluanid, Tolyfluanid) bezogen.

Zur Kontrolle der Methodik wurden während der Versuchsdauer Zusatzversuche im Bereich von $0,1\text{--}20,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchgeführt, indem definierte Mengen der Wirkstoffe in das Adsorptionsröhrchen gegeben wurden und anschließend 60 min Luft gesaugt wurde (Volumen: $24,2\text{--}57,7 \text{ l}$). Die mittleren Wiederfindungsraten lagen bei 105 % (Variationskoeffizient $V = 8,1\%$) für α -Endosulfan, 107 % ($V = 12,9\%$) für β -Endosulfan, 109 % ($V = 10,3\%$) für Endosulfansulfat und 72 % ($V = 10,4\%$) für Dichlofluanid. Die relativen Abweichungen bei vier Doppelprobenahmen für α - und β -Endosulfan lagen zwischen 0,4–10,5 %, im Mittel bei 4,4 %. Die Bestimmungsgrenze lag bei $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Dichlofluanid und α -Endosulfan und bei $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für β -Endosulfan und Endosulfansulfat.

Zur Kontrolle des Wirkstoffdurchbruches wurde bei Proben mit hohen Werten der Polyurethanschaum und die zweite Tenax-Schicht untersucht. Es wurden in keinem Fall mehr als 3 % des in der ersten Schicht ermittelten Wertes gefunden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Konzentrationsverläufe von Endosulfan (Summe $\alpha + \beta$) und Dichlofluanid sind in Abb. 1a–d dargestellt. Es zeigt sich, daß die Konzentrationen nicht kontinuierlich abnehmen, sondern zwischenzeitliche Maxima auftreten können, die allerdings nicht die Höhe der Anfangskonzentrationen erreichen. In drei Versuchen überschritten die Maxima jedoch 50 % der Anfangskonzentration.

Nach Werten von 24 bis $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Endosulfan (Summe $\alpha + \beta$) und 3,7 bis $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Dichlofluanid direkt nach der Applikation sank die Konzentration innerhalb von einigen Stunden deutlich ab und stieg dann wieder an.

Am dritten Tag nach der Applikation lagen die durchschnittlichen Werte für Endosulfan bei 0,78 bzw. $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für Dichlofluanid bei 0,92 bzw. $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Maximalwerte am dritten Tag waren $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Endosulfan und $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Dichlofluanid.

Die Minima und Maxima korrelierten mit dem Öffnen und Schließen der Lüftungsklappen (s. Abb. 1). In den Nachtstunden erfolgte vermutlich aufgrund der niedrigen Temperaturen trotz geschlossener Lüftungsklappen kein Konzentrationsanstieg.

Die Temperaturen in 1 m Höhe waren über den gesamten Tagesverlauf niedriger als in 1,6 bzw. 1,7 m Höhe mit Ausnahme der Zeiträume, in denen die Chrysanthemen einschließlich Meßfühler mit schwarzer Folie abgedeckt waren (Abb. 2). Diese Temperaturschichtung erschwert einen vertikalen Luftaustausch.

Der Vergleich der Konzentrationen in zwei Höhen (1 m und 1,7 bzw. 1,6) zeigt allerdings keine gravierenden Unterschiede (s. Abb. 1).

Zur Bestimmung des partikelgebundenen Wirkstoffanteils wurden beim Versuch am 5. Oktober 1993 bei vier Messungen zur Probenahme zusätzlich Tenax-Sammelröhrchen mit Glasfaservorfilter eingesetzt. In diesen Filtern wurden nur geringe Anteile von β -Endosulfan gemessen, die im Mittel bei 9 % (Bereich 5–17 %) des Gesamttrückstandes in der Luft lagen. α -Endosulfan war nur in einer Probe mit einem Filteranteil von

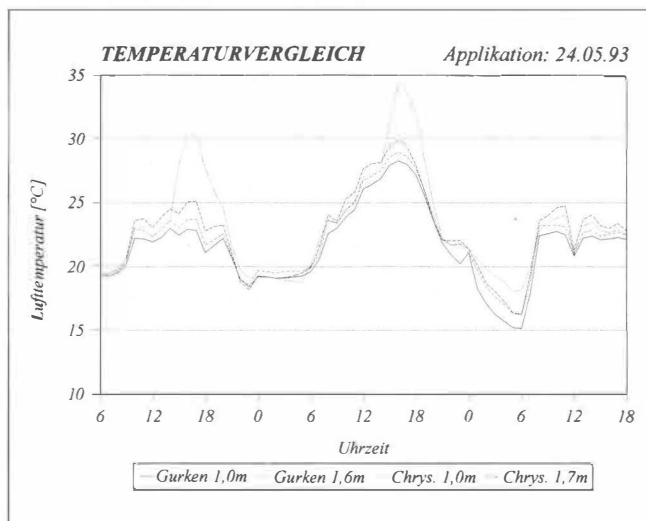


Abb. 2. Lufttemperaturen in Gurken und Chrysanthemen in 1 m und 1,6 bzw. 1,7 m Höhe (siehe auch Abb. 1 und 2).

< 1 % nachweisbar. Daraus läßt sich ableiten, daß das leichter flüchtige α -Endosulfan praktisch nicht an Partikel gebunden ist, die größer als $1 \mu\text{m}$ sind, oder daß unter den gewählten Sammelbedingungen eine Desorption von den Partikeln stattfindet. Der ermittelte partikelgebundene Anteil von β -Endosulfan liegt in der Größenordnung, die das Junge-Modell zur Gasphasen-Partikelverteilung (JUNGE, 1977; BIDDLEMAN, 1988; REISCHL et al., 1989) voraussagt.

Über Chrysanthemen wurde ein ähnlicher Konzentrationsverlauf wie im Gurkenbestand gemessen. Das kann dadurch bedingt sein, daß relativ schnell ein Konzentrationsausgleich im Gewächshaus stattgefunden hatte. Ob sich kulturspezifische Unterschiede bei gleichzeitiger Versuchsanlage in verschiedenen Gewächshäusern gleicher Bauart zeigen, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Endosulfansulfat, der Hauptmetabolit von Endosulfan, wurde im gesamten Zeitraum mit untersucht. Nur in Einzelfällen wurden Werte oberhalb der Nachweisgrenze von $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Diese Werte wurden in Abb. 1 nicht berücksichtigt, da sie unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen. Wird der Konzentrationsverlauf von α -Endosulfan mit dem von β -Endosulfan verglichen (Abb. 3), so ist in der Anfangsphase

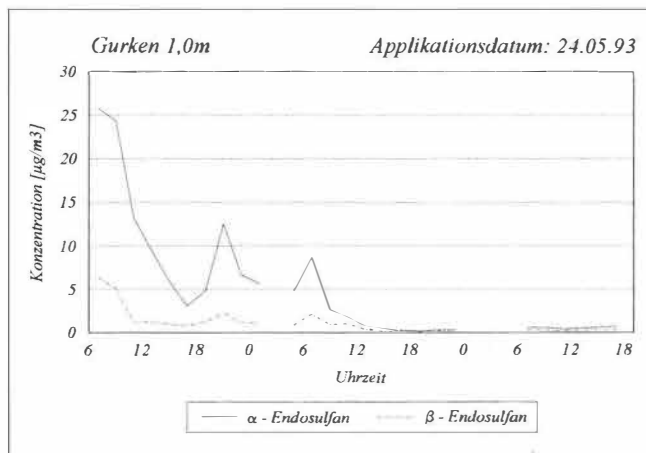


Abb. 3. Konzentrationsverlauf von α - und β -Endosulfan in der Gewächshausluft in 1 m Höhe nach Anwendung von Thiodan 35 flüssig in Gurken.

das Isomerenverhältnis $\alpha:\beta$ 1:0,18 gegenüber 1:0,45 im ausgebrachten Präparat. Am Ende des dritten Tages beträgt das Verhältnis 1:0,54. Diese Befunde deuten darauf hin, daß Verbindungen mit dem höheren Dampfdruck (α -Endosulfan, $2 \cdot 10^{-5}$ hPa) am Anfang schneller verflüchtigen, während Verbindungen mit einem niedrigeren Dampfdruck (β -Endosulfan, $9 \cdot 10^{-7}$ hPa) nur eine geringere Konzentrationsabnahme im Laufe der Zeit zeigen.

Für einige Wirkstoffe sind Daten zur Luftkonzentration in Gewächshäusern nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln veröffentlicht (Tab. 1). Die in den ersten Stunden ermittelten Meßwerte sind stark von den angewandten Applikationsverfahren abhängig (KANGAS et al., 1993; BROUWER et al., 1992; VAN HEMMEN et al., 1994).

Tab. 1. Literatur zur Belastung von Gewächshausluft nach Pflanzenschutzmittelanwendung

Wirkstoff	Literatur
Aldicarb	WAGNER und HERMES, 1987 GOEDICKE, 1989
Captan	STEPHANOU und ZOURAKI, 1989
Deltamethrin	MESTRES et al., 1985
Dichlorvos	BROUWER et al., 1992 GOEDICKE, 1989
Dicofol	MESTRES et al., 1985
Endosulfan	STEPHANOU und ZOURAKI, 1989
Methamidophos	WAGNER und HERMES, 1987
Mevinphos	KANGAS et al., 1993
Nicotin	WILLIAMS, et al., 1993
Sulfotepp	WILLIAMS et al., 1980

In Foliengewächshäusern auf Kreta wurden direkt nach der Behandlung $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Endosulfan und nach zwei Stunden $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gefunden (STEPHANOU und ZOURAKI, 1989). Diese Ergebnisse decken sich mit denen dieser Untersuchung.

Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) sind für Endosulfan und Dichlofluanid nicht festgelegt. Der auf der Basis der BBA-Richtlinie I, 3-3 (Biologische Bundesanstalt, 1993) ermittelte Acceptable Operator Exposure Level (AOEL) beträgt für Endosulfan $196 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für Dichlofluanid $7,0 \text{ mg}/\text{m}^3$ (HOERNICKE, 1994). Nach der Anwendung von Endosulfan wurde dieser AOEL-Wert zu keinem Zeitpunkt überschritten. Die Maximalkonzentrationen von Dichlofluanid lagen etwa um den Faktor 500 unter dem AOEL-Wert (s. Abb. 1). Eine weitergehende Bewertung der ermittelten Daten unter gesundheitlichen Aspekten ist Aufgabe von Toxikologen und war nicht Ziel dieser Arbeit.

Ausblick

Mit dieser Arbeit werden Ergebnisse von Untersuchungen zur Belastung der Gewächshausluft nach Anwendung eines Insektizides und eines Fungizides vorgelegt. Weitere Untersuchungen mit anderen Wirkstoffen werden zur Zeit durchgeführt oder sind geplant, und sollen eine Abschätzung der Gefährdung durch Inhalation für Personen, die nach einer Pflanzenschutzmaßnahme in Gewächshäusern Kulturarbeiten durchführen haben, auf einer breiteren Datenbasis ermöglichen.

Unter Einbeziehung von Daten zu Oberflächenrückständen und Informationen zur Toxikologie der Wirkstoffe läßt sich entscheiden, ob und in welchem Umfang Wiederbetretungsfristen notwendig sind.

Danksagung

Die Autoren danken allen, die durch ihre Mitarbeit diese Untersuchung ermöglichten, insbesondere Frau N. DEMIRBAS, Frau M. ECK, Herrn GOLDMANN, Frau M. GRABAU und Frau G. WEITEMEIER für ihren Einsatz bei der Probenahme und Analytik, Herrn R. HEINKE für die Betreuung der Kulturen, Herrn D. GEBELEIN für die Aufnahme der Klimadaten sowie Dr. U. MEIER und Dr. J. WERITZ für wertvolle Diskussionen.

Literatur

- BANASIAK, U., R. BINNER, U. BERGNER, M. GLITSCHKA, C. MARTIN und S. TEICHMANN, 1993: Untersuchungen zum Rückstandsverhalten von Pflanzenschutzmitteln an Zierpflanzen. Interner Arbeitsbericht. Biologische Bundesanstalt, Kleinmachnow, unveröffentlicht.
- BIDLEMAN, T. F. 1988: Atmospheric processes. Environ. Sci. Technol. **22**, 361–367.
- Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 1993: Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Zulassungsverfahren: Teil I, 3–3, Kennzeichnung von Pflanzenschutzmitteln – Gesundheitsschutz –, Hinweise in der Gebrauchsanleitung zum Schutz des Anwenders u. a., erstellt von D. WESTPHAL, J. ZELS, E. HOERNICKE, J.-R. LUNDEHN, IVA-Arbeitsgruppe „Anwenderschutz“ und IVA-Fachausschuß „Toxikologie“. Saphir Verlag, Ribbesbüttel.
- BOEHNEKE, A., J. SIEBERS und H.-G. NOLTING, 1989: Verbleib von Pflanzenschutzmitteln in der Umwelt – Exposition, Bioakkumulation, Abbau, Teil B. Forschungsbericht 89-12605 008/02.
- BROUWER, D. H., J. A. F. DE VREEDE, J. C. RAVENSBERG, R. ENGEL und J. J. VAN HEMMEN, 1992: Dissipation of aerosols from greenhouse air after application of pesticides using a low-volume technique. Implications for safe re-entry. Chemosphere **24**, 1157–1169.
- CLAUSSEN, K., 1994: Persönliche Mitteilung.
- GOEDICKE, H.-J., H. HERMES und R. WAGNER, 1989: Exposition durch Rückstände auf Pflanzenoberflächen nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Gewächshaus. Z. gesamte Hyg. **35**, 531–533.
- GOEDICKE, H.-J., 1989: Verdunstung von Pflanzen und Boden als Expositionsquelle. Z. gesamte Hyg. **35**, 146–148.
- HOERNICKE, E., 1994: Persönliche Mitteilung.
- JUNGE, C. E., 1977: Basic considerations about trace constituents in the atmosphere as related to the fate of global pollutants. In: Suffet, I. H. (ed.) Fate of pollutants in the air and water environment. Wiley, New York.
- KANGAS, J., S. LAITINEN, A. JANHAINEN und K. SAVOLAINEN, 1993: Exposure of sprayers and plant handlers to mevinphos in finnish greenhouses. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. **54**, 150–157.
- KLEINEKE-BORCHERS, A., 1991: Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Schnittblumenkulturen. Bericht für die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Abt. für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik, unveröffentlicht.
- LUNDEHN, J.-R., D. WESTPHAL, H. KIECZKA, B. KREBS, S. LÖCKER-BOLZ, W. MAASELD und E.-D. PICK, 1992: Einheitliche Grundsätze zur Sicherung des Gesundheitsschutzes für die Anwender von Pflanzenschutzmitteln. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, **277**, 1–112.
- MESTRES, R., C. FRANÇOIS, C. CAUSSE, L. VIAN und G. WINNETT, 1985: Survey of exposure to pesticides in greenhouse. Bull. Environ. Contam. Tox. **35**, 750–756.
- REISCHL, A., M. REISSINGER und L. HUTZINGER, 1989: Organische Luftschadstoffe und ihre Bedeutung für die terrestrische Vegetation. UWSF-2. Umweltchem. Ökotox. **2**, 32–41.
- STEPHANOU, E. und M. ZOURAKI, 1989: Exposure to pesticides in greenhouses, Determination of airborne residues and surface deposition. Toxicol. Environ. Chem. **25**, 17–27.
- SZYCH, A. C., 1993: Entwicklung von Methoden zur Bestimmung von Pflanzenschutzmitteln in der Luft. Examensarbeit, Institut für Lebensmittelchemie der TU Braunschweig.
- VAN HEMMEN, J. J., Y. G. C. VAN GOLSTEIN BROUWERS und D. H. BROUWER, 1994: Pesticide exposure and re-entry in agriculture, 1–27. Proceedings of a workshop on methods of pesticide exposure assessment, Ottawa, Canada, in press.
- WAGNER, R. und E. HERMES, 1987: Exposition der Gärtner während und nach der Applikation von Dichlorvos, Methamidophos sowie Aldicarb in Gewächshausanlagen. Z. gesamte Hyg. **33**, 255–257.
- WILLIAMS, D. T., H. V. DENLEY und A. L. DOUGLAS, 1980: On site determination of Sulfotepp air levels in a fumigating greenhouse. Am. Ind. Assoc. J. **41**, 647–651.
- WILLIAMS, I. H., 1978: Dissipation of Sulfotepp and nicotine in a greenhouse atmosphere following their use as fumigants. J. Environ. Sci. Health B **13**, 235–241.