

Im Blickpunkt

Neuartige Waldschäden und luftgetragene Chlorkohlenwasserstoffe

H. Frank

Institut für Toxikologie, Wilhelmstraße 56, D-7400 Tübingen

Einführung und Problemstellung

Seit ungefähr einem Jahrzehnt beobachten Forstbotaniker, daß Koniferen in Gebirgswäldern Mitteleuropas und Nordamerikas ihre Nadeln ungewöhnlich früh abwerfen, manchmal schon nach zwei bis drei Jahren. Bildung von „Angstrieben“, Nekrosen der lichtexponierten Blätter von Buchen und Eichen und ungewöhnlich häufige Fruchtbildung bei Buchen sind weitere auffällige Erscheinungen [1]. Die weite Verbreitung dieser Phänomene und ihr Auftreten in stadtfernen Bergwäldern führte zu der Vermutung, daß fernverfrachtete Luftschadstoffe an ihrer Auslösung beteiligt sein könnten. Trotz intensiver Forschung sind die Ursachen der Waldschäden noch weitgehend unbekannt; dementsprechend ist nicht sicher, ob die in verschiedenen Lagen und Regionen beobachteten Symptome ähnliche Ursachen haben.

Die experimentelle Erforschung kausaler Zusammenhänge unter Simulation des offenen Reaktionsgefüges eines ökologischen Systems erfordert naturgemäß die Berücksichtigung vieler auslösender, synergistischer, antagonistischer oder disponierender Faktoren, welche die verschiedensten wissenschaftlichen Fachrichtungen betreffen, von der morphologischen Botanik bis zur Atmosphärenchemie. Die hier notwendige fachübergreifende Forschung ist allerdings bei den vorherrschenden wissenschaftlichen Organisationsstrukturen mit ihrer starken institutionellen Abgrenzung gegenwärtig noch nicht optimal durchführbar.

1 Licht- und Luft-Syndrom

Aus den Begleitumständen der Waldschäden lassen sich Rückschlüsse auf mögliche Ursachen ziehen. Die Tatsache, daß die stärksten Schäden zuerst in Mittelgebirgswäldern und sog. Reinluftgebieten auftraten, hat die Beteiligung von anthropogenen Luftverunreinigungen nahegelegt, die relativ hohe atmosphärische Stabilität haben und entsprechend weit verfrachtet werden können. Besonders stark sind solche Bäume betroffen, die einzeln

stehen und intensivem Sonnenlicht ausgesetzt sind, was zur Prägung des Begriffes des „Licht-und-Luft“-Syndroms geführt hat [2]. Das gleichzeitige Auftreten dieser Phänomene in Mitteleuropa und Nordamerika Ende der siebziger Jahre läßt vermuten, daß Fremdstoffe beteiligt sind, die in den letzten Jahrzehnten in ihren Emissionen und /oder Immissionen stark gestiegen sind (→ Abb. 1).



1 a

1 b

Abb. 1: Sich gleichende Bilder: Starke Nadelverluste in industriereifen Gebirgswäldern Mitteleuropas (Schwäbische Alb) (1 a) und Nordamerikas (Apalachen, Kanaan Valley, West Virginia) (1 b).

2 Substanzen anthropogenen Ursprungs

Nadelverluste durch hohe Schwefeldioxid-, Stickoxid- oder Aluminium-Immissionen in der Nähe entsprechender Industriebetriebe sind lange bekannt. Seit vielen Jahren werden an zahlreichen Meßstellen der Bundesrepublik die Immissionskonzentrationen von Schwefeldioxid und Stickoxiden, an einigen auch die von Ozon bestimmt [z.B. 3]. Aus dem umfangreichen Datenmaterial geht hervor, daß die Immissionskonzentrationen dieser atmosphärischen Spurenbestandteile in ländlichen Gebieten im wesentlichen unverändert sind. Die Ursachenforschung

hat sich aber bisher auf diese Luftschadstoffe konzentriert; die vielfältigen organischen Luftverunreinigungen wurden nur wenig berücksichtigt [4].

Sollte es sich bei den Neuartigen Waldschäden um ein durch luftgetragene Fremdstoffe hervorgerufenen phytotoxikologisches Phänomen handeln, so ist zu erwarten, daß die Schäden dort am größten sind, wo höchste Fremdstoff-Konzentrationen auftreten. Anthropogene primäre Luftverunreinigungen erreichen aber in den am stärksten betroffenen Gebieten nur ungefähr ein Zehntel der Immissionskonzentrationen, wie sie in Ballungsgebieten vorliegen. Von Fremdstoffen ausgelöste toxikologische Effekte stehen mit der Dosis im allgemeinen in logarithmischer Abhängigkeit; je nach Steilheit der Dosis/Wirkungs-Beziehung ist also die Ausprägung eines Effekts von Verdopplung, Verzehnfachung etc. der Dosis abhängig. Eine solch drastische Veränderung der Immissionskonzentrationen ist nur für solche Fremdstoffe möglich, die nicht oder nur in verschwindend geringen Konzentrationen natürlich auftreten, die also **ausschließlich anthropogen** sind.

3 Das phytotoxische Prinzip – Beteiligung sekundärer Luftverunreinigungen

Neben anorganischen Luftverunreinigungen kommen viele organische Fremdstoffe in Betracht. Ihre im allgemeinen hohe Lipophilie, die dadurch erleichterte Aufnahme durch passive Diffusion durch Zellmembranen sowie vielfältige Möglichkeiten der Umwandlung zu reaktiven Intermediaten könnten für eine potentielle Phytotoxizität entscheidende Eigenschaften sein. Bekannterweise beruht die Toxizität vieler organischer Fremdstoffe auf der Bildung reaktionsfähiger Metabolite; atmosphärenchemische Oxidationen können zu ähnlichen reaktiven Zwischenprodukten führen. Das eigentlich **phytotoxische Prinzip** könnte eine sekundäre Luftverunreinigung sein, die als Reaktionsprodukt eines primären anthropogenen Fremdstoffes mit einem atmosphärischen Spurenbestandteil entsteht. Leichte Anstiege des ersteren könnten zur geometrischen Steigerung der Bildung des phytotoxischen Reaktionsproduktes führen, denn Kinetiken zweiter oder höherer Ordnung sind bei atmosphärischen Reaktionen nicht selten [5]. Die **Beteiligung sekundärer Luftverunreinigungen** wird auch durch die Beobachtung nahegelegt, daß die Nadelverluste offenbar mit größerer Höhe stärker werden [6]. Höhenabhängige atmosphären-physikalische Faktoren oder atmosphärenchemische Reaktionspartner könnten mit steigender Höhenlage die Bildung des terminalen Phytotoxikons begünstigen.

4 C₁ und C₂ Chlorkohlenwasserstoffe

Bemerkenswert sind in dieser Beziehung die luftgetragenen, ubiquitären C₁- und C₂-Chlorkohlenwasserstoffe, wovon vier – *Trichlormethan*, *Tetrachlormethan*, *Trichlorethen* und *Tetrachlorethen* – als möglicherweise

krebserzeugend verdächtig werden [7]. Als **ausschließlich anthropogene Verbindungen** stellen die heute in Reinluftgebieten gemessenen Immissionskonzentrationen dieser Luftverunreinigungen [8] (→ *Tabelle 1*) gegenüber natürlichen Bedingungen eine qualitativ neue Exposition dar.

Tabelle 1: Mittlere Immissionskonzentrationen von Halogenkohlenwasserstoffen im Nordschwarzwald im Jahre 1988 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

CFCl ₃	CHCl ₃	CCl ₄	C ₂ Cl ₃ F ₃	C ₂ H ₃ Cl ₃	C ₂ HCl ₃	C ₂ Cl ₄
2.3	0.2	0.6	0.7	1.3	0.5	1.1

Die jährlichen Produktionsmengen – und damit auch die Emissionsraten – der meisten technisch verwendeten Halogenkohlenwasserstoffe sind in den beiden vergangenen Jahrzehnten kräftig gestiegen; für Tetrachlorethen hat sich die Produktion mehr als verdoppelt (→ *Abb. 2*). Da die meisten Halogenkohlenwasserstoffe atmosphärische Lebensdauern von einigen Tagen bis mehreren Jahren haben [9], werden sie aus Industrieregionen in Reinluftgebiete verfrachtet und dort in Konzentrationen gefunden, die denen in Städten oft nahekommen. Kontinuierliche Anstiege der globalen Hintergrundkonzentrationen der langlebigen Fluorchlorkohlenwasserstoffe, von 1,1,1-Trichlorethan und Tetrachlormethan, sind seit Beginn der siebziger Jahre bekannt [10] und im Rahmen des „Atmospheric Lifetime Experiment“ untermauert [11]. Zwar befinden sich die atmosphärischen Hintergrundkonzentrationen der partiell halogenierten Methane *Chloroform* und *Methylenchlorid* und der Lösemittel *Tri- und Tetrachlorethen* wegen ihrer relativ kurzen Lebensdauern auf relativ niedrigem Niveau, doch lassen sich auf der nördlichen Hemisphäre über den Weltmeeren, in den Breiten der höchsten Industriedichte, dennoch deutlich erhöhte Immissionskonzentrationen von Tetrachlorethen nachweisen [12]. In ländlichen Regionen Mitteleuropas schwanken die Immissionskonzentrationen der C₂-Chlorkohlenwasserstoffe je nach meteorolo-

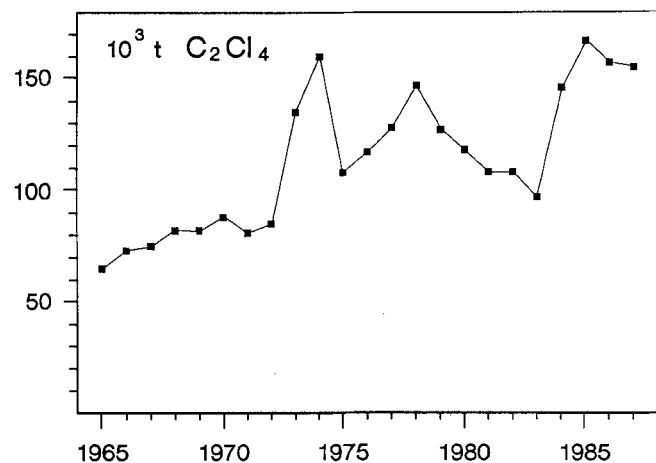


Abb. 2: Jahresproduktion (10³t) von Tetrachlorethen in der Bundesrepublik seit 1965. (Statistisches Bundesamt).

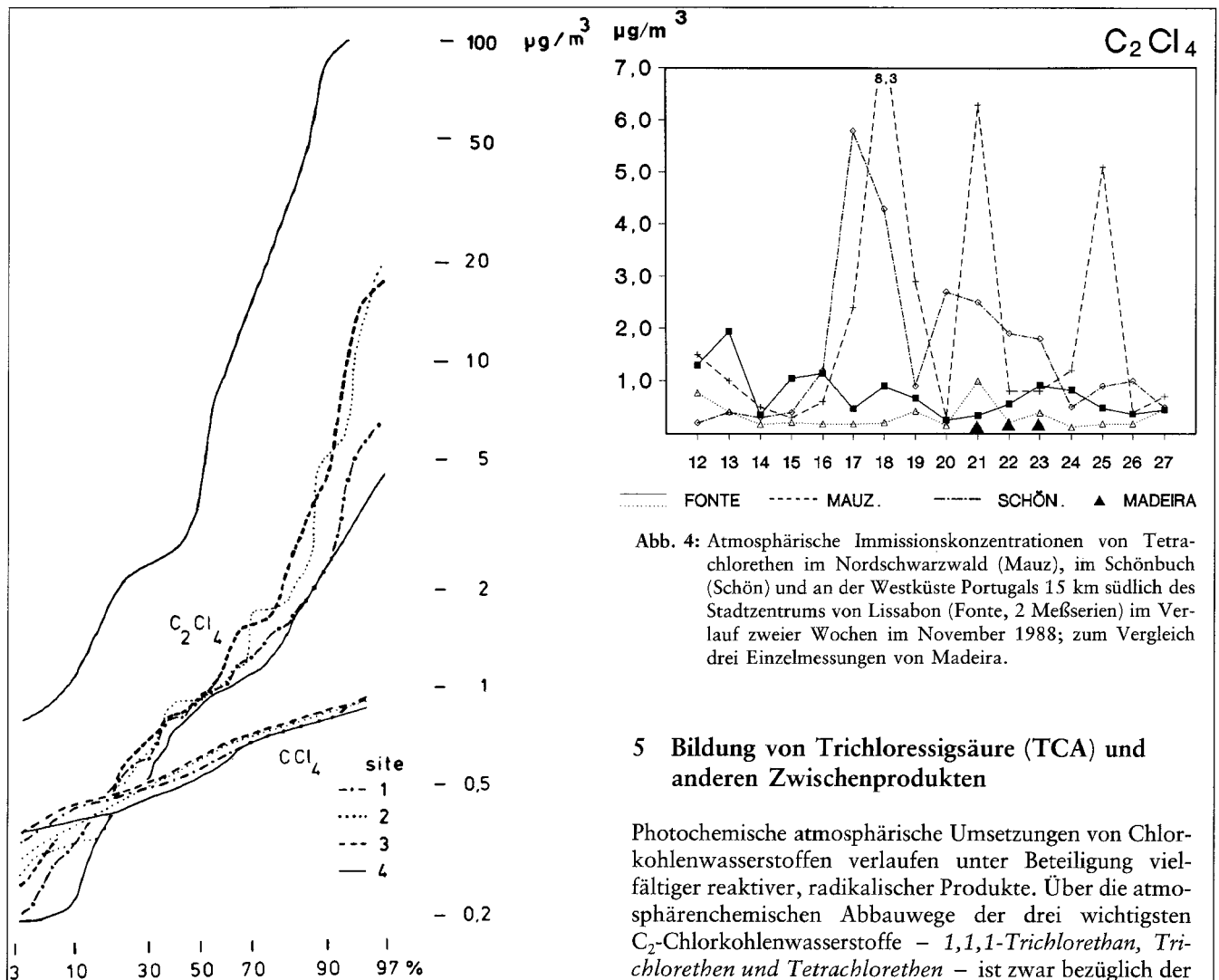


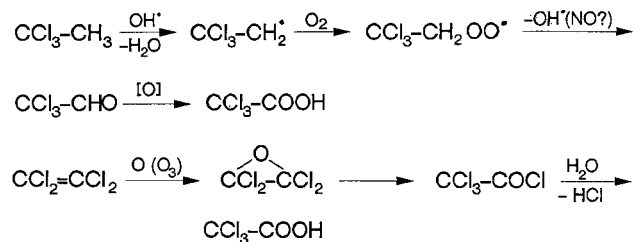
Abb. 3: Kumulative Häufigkeitsverteilung von je 50 Einzelmessungen der Immissionskonzentrationen von Tetrachlormethan und Tetrachlorethen an vier verschiedenen Meßstellen im Nordschwarzwald (1 - 3) und Schönbuch (4) sowie von Tetrachlorethen in Tübingen (oberste Linie).

gischen Bedingungen sehr stark (\rightarrow Abb. 3), und da in der Bundesrepublik keine kontinuierlichen Messungen durchgeführt werden, ist wegen der wenigen Vergleichswerte aus früheren Jahren ein Anstieg nicht nachweisbar [25]. Bei steigendem Verbrauch und Freisetzung in die Atmosphäre darf aber angenommen werden, daß in Industriestaaten die Belastung ländlicher Atmosphäre mit diesen relativ kurzlebigen Chlorkohlenwasserstoffen in den letzten Jahren ebenfalls gestiegen ist. Gegenüberstellung der Tetrachlorethen-Immissionen Mitteleuropas mit denen in kontinentaler Randlage, z.B. der Westküste Portugals (\rightarrow Abb. 4), zeigt die relativ starke Verschmutzung mitteleuropäischer „Reinluftgebiete“ [13].

Abb. 4: Atmosphärische Immissionskonzentrationen von Tetrachlorethen im Nordschwarzwald (Mauz), im Schönbuch (Schön) und an der Westküste Portugals 15 km südlich des Stadtzentrums von Lissabon (Fonte, 2 Meßserien) im Verlauf zweier Wochen im November 1988; zum Vergleich drei Einzelmessungen von Madeira.

5 Bildung von Trichloressigsäure (TCA) und anderen Zwischenprodukten

Photochemische atmosphärische Umsetzungen von Chlorkohlenwasserstoffen verlaufen unter Beteiligung vielfältiger reaktiver, radikalischer Produkte. Über die atmosphärenchemischen Abbauewege der drei wichtigsten C_2 -Chlorkohlenwasserstoffe - 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen und Tetrachlorethen - ist zwar bezüglich der quantitativen Bedeutung der verschiedenen Abbauewege noch wenig bekannt, doch ist die Entstehung von Phosgen und der entsprechenden Chloressigsäurechloride qualitativ gesichert [14, 15]. Photooxidation von Tetrachlorethen, seine Umsetzung mit OH-Radikalen und auch seine Reaktion mit Ozon führen zum entsprechenden Trichloressigsäurechlorid und, nach Hydrolyse, zur Trichloressigsäure (TCA). Die leichte Photooxidation von Tri- und Tetrachlorethen zu den entsprechenden Chloracetylchloriden ist auch der Grund dafür, weswegen sie bei der technischen Anwendung als Lösemittel mit Stabilisatoren versetzt werden müssen. Auch zeigt sich die Leichtigkeit der Photooxidation darin, daß sie sich zur präparativen Herstellung von Tetrachloroxiran und Trichloracetylchlorid aus Tetrachlorethen eignet [16]. Hydroxylradikal-abhängige Oxidation von 1,1,1-Trichlorethan kann ebenfalls zu TCA führen (\rightarrow Schema).



Die Mechanismen der OH-abhängigen Bildung der Chloracetylchloride ist zwar nicht in allen Einzelheiten bekannt [17], doch konnte Dichlor- und Trichloressigsäure kürzlich im Freiland in verschiedenen Umweltkompartimenten nachgewiesen werden [18, 19]. TCA wurde vor vierzig Jahren als **Herbizid** eingeführt, wird allerdings heute nur noch wenig verwendet. Sie hat bei niedrigen Konzentrationen stimulierende, bei höheren Konzentrationen hemmende Wirkung auf pflanzliche Meristemzellen [20, 21].

Die aus Untersuchungen mit Kulturpflanzen und Unkräutern bekannten phytotoxikologischen Eigenschaften könnten bei Berücksichtigung der besonderen Applikationsart der direkten Deposition aus der Atmosphäre viele der merkwürdigen Symptome an Waldbäumen erklären. Chlorose und Nekrotisierung von Blattspossen, insbesondere der älteren Pflanzenteile, sind aus Untersuchungen an Gräsern bekannt. Die bekannte wachstumsfördernde Wirkung von TCA bei niedrigen Konzentrationen könnte die häufig beobachteten „Angsttriebe“ und Sproßdeformationen erklären, ihre fungizide und bakterizide Wirkung [22, 23] die Feinwurzel- und Mykorrhizaschäden.

6 TCA-Monitoring

Analysen von Fichtennadeln aus süddeutschen Mittelgebirgen und den österreichischen Alpen ergaben TCA-Konzentrationen von 10 bis 100 ppb. Nadelalter, Zeitpunkt und Ort der Probensammlung sowie meteorologische Bedingungen haben starken Einfluß auf die jeweils gefundenen Mengen; auch in Blättern von Laubbäumen wurde sie gefunden [24].

1. **Umfangreiche Meß-Serien** sind aber notwendig, um repräsentative Immissionskonzentrationen von TCA, ihre Korrelation zum Ausmaß der am jeweiligen Standort auftretenden Schäden und ihre Abhängigkeit von verschiedenen atmosphärenchemischen Parametern abschätzen zu können.
2. Weiterhin muß die wichtige Frage geklärt werden, ob dieses Herbizid direkt aus der Atmosphäre oder über die Wurzeln aufgenommen wird.
3. Die Möglichkeit der metabolischen Bildung aus C₂-Chlorkohlenwasserstoffen durch pflanzliche Monooxygenasen sollte ebenfalls berücksichtigt werden.
4. Die **atmosphärenchemischen Zwischenprodukte** dürften phytotoxikologisch ebenso relevant, möglicherweise sogar bedeutsamer sein, denn Trichloracetylchlorid wird als nicht ionisierte, lipophile und daher gut membranfähige Verbindung rascher aufgenommen als die hygroskopische, ionische TCA.

Die Vermutung der **Auslösung phytotoxischer Phänomene durch luftgetragene Chlorkohlenwasserstoffe** ist plausibel, doch ist für eine sichere Abschätzung ihrer

Bedeutung für die Neuartigen Waldschäden eine breitere Basis umweltanalytischer Daten und die Durchführung entsprechender phytotoxikologischer Expositionsexperimente notwendig. Auch muß die Frage geklärt werden, inwieweit **atmosphärische Spurenbestandteile** oder **strahlungsmeteorologische Parameter** die Bildung von TCA beeinflussen.

Schlußfolgerung

Die Komplexität der möglicherweise beteiligten Prozesse erfordert sorgfältige Gewichtung aller denkbaren Ursachen-Hypothesen; die Eingrenzung auf wenige Postulate muß willkürlich sein, solange Dosis/Wirkungs-Beziehungen nicht ermittelt worden sind. Das erste Ziel ist daher die Aufspürung von Kausalketten, die den Prinzipien der mechanistischen Toxikologie entsprechen, damit unter den vielen möglichen Assoziationen die plausibelsten verfolgt werden.

*Sicher ist auch, daß die bei uns vorangetriebene Umweltforschung noch effizienter sein könnte, wenn sie stärker gemäß den sachlichen Erfordernissen **interdisziplinärer wissenschaftlicher Arbeit** gefördert würde.*

Literatur

- [1] Statusseminar zum BMFT-Förderschwerpunkt Ursachenforschung zu Waldschäden, KFA Jülich, August 1987
- [2] Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland, Landesamt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 1982
- [3] Statistische Berichte Umwelt, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
- [4] Forschungsbeirat Waldschäden/Luftverunreinigungen 2. Bericht, Mai 1986
- [5] B. J. FINLAYSON-PITTS; J. N. PITTS: Atmospheric Chemistry, Wiley & Sons, New York 1986
- [6] G. HARTMANN; R. UEBEL; R. STOCK: Der Forst- und Holzwirt 40, 286 (1985)
- [7] D. HENSCHLER (Ed.): Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte 1988, VCH, Weinheim 1988
- [8] H. FRANK; W. FRANK: Fresenius'Z. Anal. Chem. 332, 115 (1988)
- [9] P. FABIAN: in O. HUTZINGER (Ed.), Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 4 A, Springer Verlag Heidelberg 1986, S. 22 ff
- [10] J. A. LOGAN; M. A. PRATHER; S. C. WOFSY; M. B. MCELROY: J. Geophys. Res. 86, 7210 (1981)
- [11] R. G. PRINN et al: J. Geophys. Res. 88, 8353 (1983)
- [12] H. B. SINGH; L. J. SALAS; R. E. STILES: J. Geophys. Res. 88, 3675 (1983)
- [13] H. FRANK; W. FRANK; H. J. C. NEVES, in Vorbereitung
- [14] H. B. SINGH; D. LILLIAN; A. APPLEBY; L. LOBBAN: Environ. Lett. 10, 253 (1975)
- [15] E. C. TUAZON; R. ATKINSON; S. M. ASCHMANN; M. A. GOODMAN; A. M. WINER: Int. J. Chem. Kinetics 20, 241 (1988)
- [16] S. A. KLINE; J. J. SOLOMON; B. L. VAN DUUREN: J. Org. Chem. 43, 3596 (1978)
- [17] R. ATKINSON: Chem. Rev. 85, 69 (1985)
- [18] G. R. FUCHS; K. BÄCHMANN: Fresenius'Z. Anal. Chem. 327, 205 (1987)

- [19] H. FRANK; J. VITAL; W. FRANK: Fresenius' Z. Anal. Chem. 333, 713 (1989)
- [20] C. L. FOY: in P. C. KEARNEY, D. D. KAUFMAN (Eds.) Degradation of Herbicides M. Dekker, New York 1969, S. 207 ff
- [21] B. ABERG: Swedish J. Agric. Res. 12, 51 (1982)
- [22] Z. S. DYACHINA; A. G. EMLINA; I. V. MIGAICHUK; I. G. KHAS-KIN: Fiziol. Akt. Veshchesta 16, 38 (1984)
- [23] H. JANSEN VAN RENSBURG; B. W. STRIJDOM; S. AFRICAN: J. Plant Soil 1, 135 (1984)

- [24] H. FRANK; J. REISS, in Vorbereitung.
- [25] B. O. WAGNER; W. MÜCKE; H.-P. SCHENCK: Umwelt-Monitoring/ Umweltkonzentrationen organischer Chemikalien. Literaturstudie, in: Angewandter Umweltschutz, ecomed verlagsgesellschaft mbh Landsberg/Lech, 1989

Anm. d. Red.: Das Glossar zu diesem Beitrag vgl. S. A4

Kurznachrichten aus der Gesetzgebung

Verordnung über die Entsorgung gebrauchter halogenierter Lösemittel (HKWAbfV)

vom 23. Oktober 1989

– Auszug

Auf Grund des § 14 Abs. 1 Nr. 1, 2 und 3 des Abfallgesetzes vom 27. August 1986 (BGBl. I S. 1410) und des § 7 Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 15. März 1974 (BGBl. I S. 721), wird von der Bundesregierung nach Anhörung der beteiligten Kreise verordnet:

§ 1

Anwendungsbereich

- (1) Diese Verordnung gilt für Lösemittel, die nach Gebrauch als Reststoff verwertete, oder als Abfall entsorgt werden müssen und die in Anlagen eingesetzt werden, in denen
1. die Oberfläche von Gegenständen oder Materialien, insbesondere aus Metall, Glas, Keramik oder Kunststoff, gereinigt, befettet, entfettet, beschichtet, entschichtet, entwickelt, phosphatiert, getrocknet oder in ähnlicher Weise behandelt wird,
 2. Behandlungsgut, insbesondere Textilien, Leder, Pelze, Felle, Fasern, Federn oder Wolle, gereinigt, entfettet, ausgerüstet, getrocknet oder in ähnlicher Weise behandelt wird,
 3. Aromen, Öle, Fette oder andere Stoffe aus Pflanzen, Pflanzenteilen oder aus Tierkörpern oder Tierkörperteilen extrahiert werden oder
 4. Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse mit Hilfe dieser Lösemittel gewonnen oder hergestellt werden.
- (2) Lösemittel im Sinne dieser Verordnung sind flüssige Stoffe oder Zubereitungen

mit einem Massegehalt von mehr als 5 vom Hundert an Halogenkohlenwasserstoffen mit einem Siedepunkt zwischen 293 K = 20 °C und 423 K = 150 °C bei jeweils 1013 hPa.

§ 2

Getrennte Haltung, Vermischungsverbote

(1) Betreiber der in § 1 Abs. 1 genannten Anlagen haben Lösemittel nach Gebrauch getrennt entsprechend dem Hauptbestandteil des jeweiligen Ausgangsproduktes wie Dichlormethan (Methylenchlorid), Trichlormethan, Tetrachlormethan, 1,2-Dichlorethan, 1,1,1-Trichlorethan (Methylchloroform), Trichlorethen (Trichlorethylen, TRI), Tetrachlorethen (Perchlorethylen, PER), Trichlorfluormethan (R-11), 1,1,2,2-Tetrachlor-1,2-difluorethan (R-112) oder Trichlor-1,2,2-trifluorethan (R-113) zu halten.

(2) Es ist verboten, Lösemittel unterschiedlicher Ausgangsprodukte nach Gebrauch untereinander oder mit anderen Stoffen oder Abfällen, insbesondere solchen im Sinne des § 2 Abs. 2 des Abfallgesetzes, zu vermischen.

§ 3

Rücknahmeverpflichtung

(1) Wer als Vertreiber Lösemittel in Mengen von 10 l oder mehr innerhalb eines Monats an einen Betreiber der in § 1 Abs. 1 genannten Anlagen abgibt, ist verpflichtet, von diesem Betreiber die nach § 2 Abs. 2 unvermischten gebrauchten Lösemittel zurückzunehmen oder die Rücknahme durch einen von ihm zu bestimmenden Dritten sicherzustellen.

(2) Die Rücknahmeverpflichtung nach Absatz 1 bezieht sich auf Art und Menge der abgegebenen Lösemittel, zuzüglich der verfahrensbedingt bei ordnungsgemäßem Gebrauch hinzugekommenen oder hinzugefügten sonstigen Stoffe oder Zubereitungen.

§ 4

Erklärung über die Verwendung von Lösemitteln

Nimmt der Betreiber der in § 1 Abs. 1 genannten Anlagen nach § 3 Abs. 1 den Vertreiber auf Rücknahme gebrauchter Lösemittel in Anspruch, so hat er gegenüber dem Vertreiber oder dem von ihm bestimmten Dritten eine Erklärung über die Art und Verwendung der Lösemittel nach dem in der Anlage zu dieser Verordnung enthaltenen Muster abzugeben. § 11 Abs. 2 und 3 des Abfallgesetzes in Verbindung mit den Vorschriften der Abfallnachweis-Verordnung bleiben unberührt.

§ 5

Kennzeichnung

Lösemittel dürfen in Gebinden nur in Verkehr gebracht werden, wenn diese durch leicht erkennbaren und lesbaren Aufdruck, Prägung oder Aufkleber folgendermaßen gekennzeichnet sind:

„Dieses Lösemittel ist nach Gebrauch einer Verwertung oder Entsorgung zuzuführen! Unsachgemäße Beseitigung gefährdet die Umwelt! Nach Gebrauch ist jede Beimischung von Fremdstoffen oder Lösemitteln anderer Art verboten.“

Darüber hinaus muß die Kennzeichnung den Hauptbestandteil des Ausgangsproduktes (§ 2 Abs. 1) und den Siedepunkt (§ 1 Abs. 2) ausweisen. Bei loser Ware muß die Kennzeichnung nach den Sätzen 1 und 2 in den Begleitpapieren erfolgen.

§ 8

Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt mit Ausnahme des § 5 am ersten Tag des dritten auf die Verkündung folgenden Kalendermonats in Kraft. § 5 tritt am ersten Tag des sechsten auf die Verkündung folgenden Kalendermonats in Kraft.

Quelle: BGBl. I 1989 S. 1918

Anm. d. Red.: Vgl. auch das Entsorgungskonzept auf S. 14